

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

Konstrukční realizace designového návrhu karoserie

Engineering Realization of Vehicle Bodywork Design

Student:	Bc. Michal Buráň
Vedoucí diplomové práce:	Ing. Tomáš Kubín, Ph.D.
Konzultant:	Ing. Vladimír Zbožínek

Ostrava 2014

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra výrobních strojů a konstruování

## Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Michal Buráš**  
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství  
Specializace: 20 Výrobní stroje a zařízení  
Téma: **Konstrukční realizace designového návrhu karoserie**  
**Engineering Realization of Vehicle Bodywork Design**

Zásady pro vypracování:

Ve spolupráci s projektem Studentcar (realizovaném aktuálně na Katedře materiálů a technologií pro automobily) proveďte podrobnou konstrukční realizaci designového návrhu s ohledem na výrobu prototypu.

Vytvořte 3D CAD model řešené karoserie. Zpracujte technickou a výpočtovou zprávu včetně výkresové dokumentace v odpovídajícím rozsahu (rozsah upřesní vedoucí práce).

Seznam doporučené odborné literatury:

KALAB, K.: *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: Části spojovací*. 1. vydání VŠB-TU Ostrava, 2007, 91s. ISBN 978-80-248-1290-8

KALAB, K.: *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: Části pohonu strojů*. 1. vydání VŠB-TU Ostrava, 2007, 91s. ISBN 978-80-248-1860-3

DEJL, Z.: *Konstrukce strojů a zařízení I. Spojovací části strojů. Návrh. Výpočet. Konstrukce*. Montanex a.s. Ostrava, 2000, ISBN 80-7225-018-3

MORAVEC, V., HAVLÍK, J.: *Výpočet a konstrukce strojních dílů*. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2005, ISBN 80-248-0878-1

NĚMČEK, M.: *Řešené příklady ČaMS Spoje*. 2. vydání. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Tomáš Kubín, Ph.D.**

Datum zadání: 13.12.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář  
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 19. 5. 2014



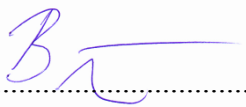
podpis studenta

Tato diplomová práce vznikla v rámci řešení projektu StudentCar

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 19. 5. 2014



.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Michal Burán

Adresa trvalého pobytu autora práce:

687 23, Ostrožská Lhota, Řádek 511

## **ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE**

BURÁŇ, Michal. *Konstrukční realizace designového návrhu karoserie*. Ostrava, 2014. 77 s. Diplomová práce. VŠB - Technická univerzita Ostrava. Vedoucí práce: Ing. Tomáš Kubín, Ph.D.

Cílem této diplomové práce je konstrukční realizace designového návrhu karoserie automobilu, který je vyvíjen v rámci projektu StudentCar na Vysoké škole báňské v Ostravě. Práci lze rozdělit na několik hlavních částí. První část se zabývá seznámením s projektem StudentCar a teoretickým úvodem do problematiky karoserií, materiálů pro prototypovou výrobu a technologií výroby. Praktická část je nejdříve věnovaná zpracováním vstupních dat a vlastní realizací konstrukčního návrhu jednotlivých dílů karoserie. Další část se zabývá simulací a výpočty navržených dílů a následného zpracování výrobní dokumentace pro výrobu karoserie.

## **ANNOTATION OF DIPLOMA THESIS**

BURÁŇ, Michal. *Engineering Realization of Vehicle Bodywork Design*. Ostrava, 2014. 77 s. Diploma Thesis. VŠB - Technical University of Ostrava. Thesis head: Ing. Tomáš Kubín, Ph.D.

The purpose of this diploma thesis is to implement a design of car bodywork, which has been being developed within the StudentCar project at the VŠB–Technical University of Ostrava. The thesis can be divided into several main parts. The first part introduces the StudentCar project and contains a theoretical introduction to the issue of bodyworks, materials for prototype manufacture and technology of the manufacture. The practical part deals with the processing of the input data and the implementation of the structural design of individual parts of bodywork. The second part deals with the simulation and calculations of designed parts, followed by the drawing up of manufacturing documents for the manufacture of the bodywork.

**Obsah**

<b>ÚVOD.....</b>	<b>9</b>
<b>1 PROJEKT STUDENTCAR.....</b>	<b>10</b>
1.1 LABORATOŘ STAVBY AUTOMOBILŮ .....	10
1.2 LABORATOŘ PRO TESTOVÁNÍ MOTORŮ.....	10
1.3 LABORATOŘ PRO DYNAMICKÉ TESTOVÁNÍ AUTOMOBILŮ .....	11
<b>2 KAROSERIE .....</b>	<b>12</b>
2.1 KAROSERIE OSOBNÍCH AUTOMOBILŮ .....	12
<b>3 KOMPOZITNÍ MATERIÁLY.....</b>	<b>15</b>
3.1 SKELNÉ VLÁKNO.....	16
3.2 UHLÍKOVÉ VLÁKNO .....	16
<b>4 TECHNOLOGIE LAMINOVÁNÍ.....</b>	<b>17</b>
4.1 VOLBA TECHNOLOGIE LAMINOVÁNÍ .....	18
<b>5 KONSTRUKČNÍ NÁVRH JEDNOTLIVÝCH DÍLŮ KAROSERIE .....</b>	<b>19</b>
5.1 DESIGNOVÁ STUDIE .....	20
5.2 SEGMENTACE KAROSERIE .....	20
5.3 NÁVRH BOČNICE AUTOMOBILU .....	21
5.4 NÁVRH STŘECHY AUTOMOBILU .....	31
5.5 NÁVRH ŽLABU PRO STĚRAČE .....	33
5.6 NÁVRH PŘEDNÍ KAPOTY AUTOMOBILU.....	36
5.7 NÁVRH VÝZTUHY PŘEDNÍ KAPOTY.....	37
5.8 NÁVRH ZADNÍHO KUFRU AUTOMOBILU.....	38
5.9 NÁVRH ZADNÍHO NÁRAZNÍKU AUTOMOBILU.....	41
5.10 NÁVRH PŘEDNÍHO NÁRAZNÍKU AUTOMOBILU .....	43
5.11 NÁVRH DVEŘÍ AUTOMOBILU .....	46
<b>6 NÁVRH UCHYCENÍ KAROSERIE K RÁMU .....</b>	<b>54</b>
6.1 KOTVÍCÍ PRVKY NA BOČNICI .....	55
6.2 KOTVÍCÍ PRVKY NA ŽLABU PRO STĚRAČE.....	55
6.3 KOTVÍCÍ PRVKY NA STŘEŠE.....	56
6.4 KOTVÍCÍ PRVKY NA PŘEDNÍ KAPOTĚ .....	57

6.5	KOTVÍCÍ PRVKY NA PŘEDNÍM NÁRAZNÍKU .....	58
6.6	KOTVÍCÍ PRVKY NA ZADNÍM NÁRAZNÍKU .....	59
6.7	KOTVÍCÍ PRVKY NA ZADNÍM KUFRU .....	60
6.8	UCHYCENÍ DVEŘÍ .....	60
<b>7</b>	<b>TECHNICKÉ VÝPOČTY A ANALÝZY.....</b>	<b>61</b>
7.1	AERODYNAMICKÁ ANALÝZA .....	61
7.2	KONTROLA ÚCHYTŮ KAROSERIE U PŘEDNÍHO NÁRAZNÍKU .....	63
<b>8</b>	<b>FORMY PRO VÝROBU LAMINÁTU .....</b>	<b>65</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>66</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY: .....</b>	<b>67</b>
	<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>68</b>

**Seznam použitých značek a symbolů:**

$D_U$	Průměr podstavy úchytu	[m]
$F_A$	Síla vyvolaná na přední nárazník	[N]
$G$	Tíha předního nárazníku	[N]
$g$	Gravitační zrychlení	[m.s <sup>-2</sup> ]
$i$	Počet úchytů na předním nárazníku	[-]
$m_N$	Hmotnost předního nárazníku	[Kg]
$n_D$	Korekční součinitel zohledňující nestandardní zatížení	[-]
$p_A$	Aerodynamický tlak působící na nárazník	[Pa]
$S_C$	Součet lepených ploch pod úchyty	[m <sup>2</sup> ]
$S_N$	Plocha spodní části předního nárazníku	[m <sup>2</sup> ]
$\tau$	Smykové napětí	[MPa]
$\tau_D$	Dovolené smykové napětí	[MPa]



## ÚVOD

V posledních letech se automobilový průmysl zaměřil na rozvoj ekologických automobilů a to jak ve směru pohonu, tak technologie výroby. U sportovních automobilů jde především o snahu snižování hmotnosti automobilů a tím i snížení spotřeby paliva. V mé diplomové se nebudu zabývat primárním trendem vývojem ekologických pohonů automobilů, ale spíše tím druhým aspektem, a to snižováním hmotnosti automobilů. Automobilový průmysl v současné době v tomto směru vynakládá nemalé prostředky na vývoj automobilů z kompozitních materiálů za účelem snížení hmotnosti a tím i spotřeby.

V mé diplomové práci se budu zabývat návrhem karoserie z kompozitních materiálů v rámci projektu StudentCar, který aktuálně pracuje na vývoji sportovního elektromobilu. Diplomovou práci jsem rozdělil na dvě základní části. První teoretickou část jsem věnoval popisu obecné problematiky vývoje karoserie a seznámení s projektem StudentCar. V druhé se pak zabývám konkrétním technickým návrhem karoserie podle vypracované designové studie. Výsledkem mé práce budou 3D data pro výrobu forem a technická dokumentace karoserie.

Tato verze diplomové práce podléhá utajení a není možné si ji v online režimu celou prohlédnout. Veškeré obrázky obsahující design automobilu, nebo konstrukční uzly jsou záměrně skryty. Úplná verze diplomové práce je k dispozici k nahlédnutí u vedoucího diplomové práce Ing. Tomáše Kubína, Ph.D. Nezveřejněna taky zůstává veškerá výkresová dokumentace.

## 1 PROJEKT STUDENTCAR

Projekt StudentCar vznikl na Vysoké škole báňské – Technické univerzity v Ostravě roku 2006 za účelem popularizace výzkumu mezi studenty prostřednictvím stavby prototypu sportovního automobilu. Je financován MŠMT ČR v rámci Národního programu výzkumu II – 2E Lidské zdroje (2E06013). [1]

### 1.1 Laboratoř stavby automobilů

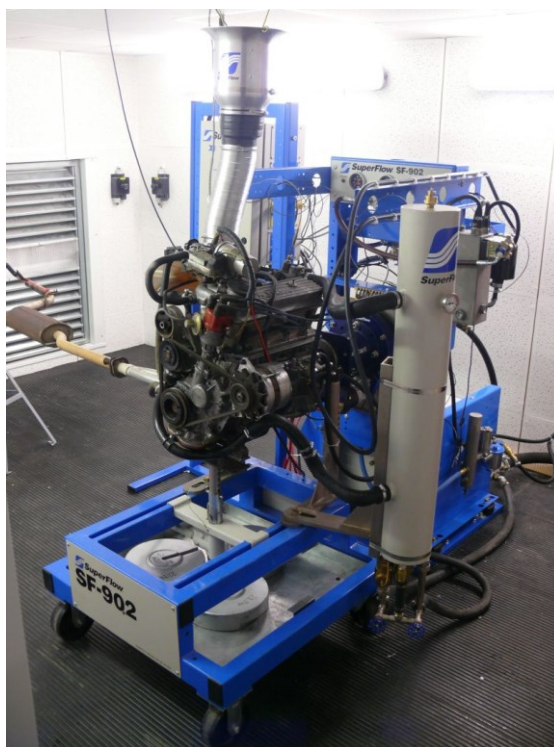
Součástí projektu je i provoz laboratoře pro stavbu automobilů, ve kterých si studenti mohou vyzkoušet praktické dovednosti při stavbě automobilů, svařování a výroby jednotlivých součástí. [1]



Obr. 1.1 Laboratoř stavby automobilů [1]

### 1.2 Laboratoř pro testování motorů

*Pracoviště je vybaveno hydrodynamickou motorovou brzdou SF-902. Celá konstrukce měřicí kobky je dokonale odhlučněna a vstup je opatřen protihlukovými dveřmi. Rovněž na sací straně je osazen tlumič hluku, na výfukové straně je betonový protihlukový labyrint ukončený voštinovým protihlukovým tlumičem. Proces testování je vizuálně sledován soustavou kamer. Pracoviště je navrženo s ohledem na testování sportovních motorů.[1]*



Obr. 1.2 Přístroj pro testování motorů [1]

### 1.3 Laboratoř pro dynamické testování automobilů

Laboratoř je vybavena pneumatickým upínacím stolem, na kterém se pak provádí úkoly zaměřené na kombinované namáhání automobilových dílů. Simulace je prováděna dvěma servoválci s oboustrannou pístnicí a hydrostatickými ložisky.



Obr. 1.3 Testovací stolice [1]

## 2 KAROSERIE

Karoserie je část automobilu, která tvoří prostory pro využití vozidla dle jeho účelu. Mezi jejími hlavními úkoly je chránit před vnějšími vlivy posádku, náklad i jednotlivé části vozidla. Na karoserii jsou kladeny vysoké nároky z hlediska funkčnosti, bezpečnosti a estetičnosti. [2]

**Účelem karosérie je:**

- *chránit jednotlivé části vozidla před vnějšími vlivy,*
- *chránit posádku a náklad před vnějšími vlivy,*
- *zajistit požadované pohodlí jízdy (v případě řidiče přímo spojeno s bezpečností provozu,*
- *ochránit co nejlépe posádku v případě havárie před zraněním (deformační zóny),*
- *snížit co nejvíce aerodynamický odpor vozidla,*
- *v případě bezrámové konstrukce vozidla tvořit základní nosnou část. [2]*

**Rozdělení podle účelu:**

- **Osobní** karosérie osobních automobilů, jejich názvy se shodují s názvy automobilů (výjimkou je mikrobusev a osobní/dodávková karoserie).
- **Autobusové** prostor pro cestující a obsluhu, zvláštní prostor pro zavazadla a prostor pro hnací ústrojí je v jednom konstrukčním celku.
- **Dodávkové nebo nákladní** prostor pro náklad a prostor pro obsluhu vytvořen buď v jednom konstrukčním celku, nebo odděleně.
- **Speciální** v případě, že účelový prostor a prostor pro obsluhu tvoří konstrukční celek, odvozuje se název a definice od názvu a definici příslušných automobilů (např. dílenská karosérie, zdravotnická karosérie), často však složeny z budky pro obsluhu a speciální [2]

### 2.1 Karoserie osobních automobilů

Tento typ karoserie slouží k přepravě osob a zavazadel. Prostor vyhrazený pro cestující bývá konstruován zpravidla v jednom celku. Podle využití typu střechy rozeznáváme tři základní typy karoserií osobních automobilů:

- Uzavřené
- Měnitelné
- Otevřené

Tyto hlavní typy karoserií se dále dělí na jednotlivé druhy. Druh karoserie závisí zejména počtu dveří, provedení střechy, zádě vozidla a počtu sedadel. Zde uvedu je některé druhy karoserií.

### A) Uzavřené

**Coupe (Kupé)** - Kupé patří do kategorie sportovních vozů s uzavřenou dvoudveřovou karoserií, pevnou střechou a pozvolna zešíkmenou zádí. Automobily kupé mívají jednu nebo dvě řady sedadel.



Obr. 2.1 Karoserie kupé [4]

**Hatchback** - Název označuje automobily se tří, nebo pětídveřovým provedení. Mají zpravidla dvouprostorovou karoserii s výklopnou zádí. Součástí pátých dveří bývá zadní okno.



Obr. 2.2 Karoserie hatchback [4]

**Sedan** – Jedná se o automobily s uzavřenou, čtyřdveřovou, pětímístnou karoserií. Zád' sedanu bývá stupňovitá a zavazadlový prostor je od cestujících zcela oddělen.



Obr. 2.3 Karoserie sedan [4]

**SUV** - Zkratka SUV (z anglického Sport Utility Vehicle). Poskytují velký vnitřní prostor a díky vysokému posazu také větší pocit bezpečí

[4]



Obr. 2.4 Karoserie SUV [4]

## B) Měnitelné

**Kabriolet** - Kabriolet má typ dvoudvéřové karoserie, která má stahovací nebo odnímatelnou střechu. Díky rozvoji moderní techniky se na trh dostaly vozy typu CC, (Coupé-Cabrio), které mají pevnou skládací střechu.



Obr. 2.5 Karoserie kabriolet [4]

**Landaulet** - Landaulety patří mezi nejluxusnější automobily. V podstatě jde o limuzínu, která se však liší stahovací střechou. Karoserie patří do kategorie s uzavřenou čtyřdveřovou karoserií. Má stupňovitou zád s přepážkou mezi řidičem a cestujícími. Výrobou landauletů se v současné době žádná automobilka nezabývá ve velkém měřítku, většinou se tedy jedná o upravené vozy.



Obr. 2.6 Karoserie landaulet [4]

## C) Otevřené

**Spider** - Spider, často se také označuje jako roadster. Je otevřený automobil s dvoudveřovou karoserií. Někdy bývá mylně zaměňován za kabriolet. Liší se od něj však tím, že má pouze dvě místa pro sezení, umístěná těsně před zadní nápravou.

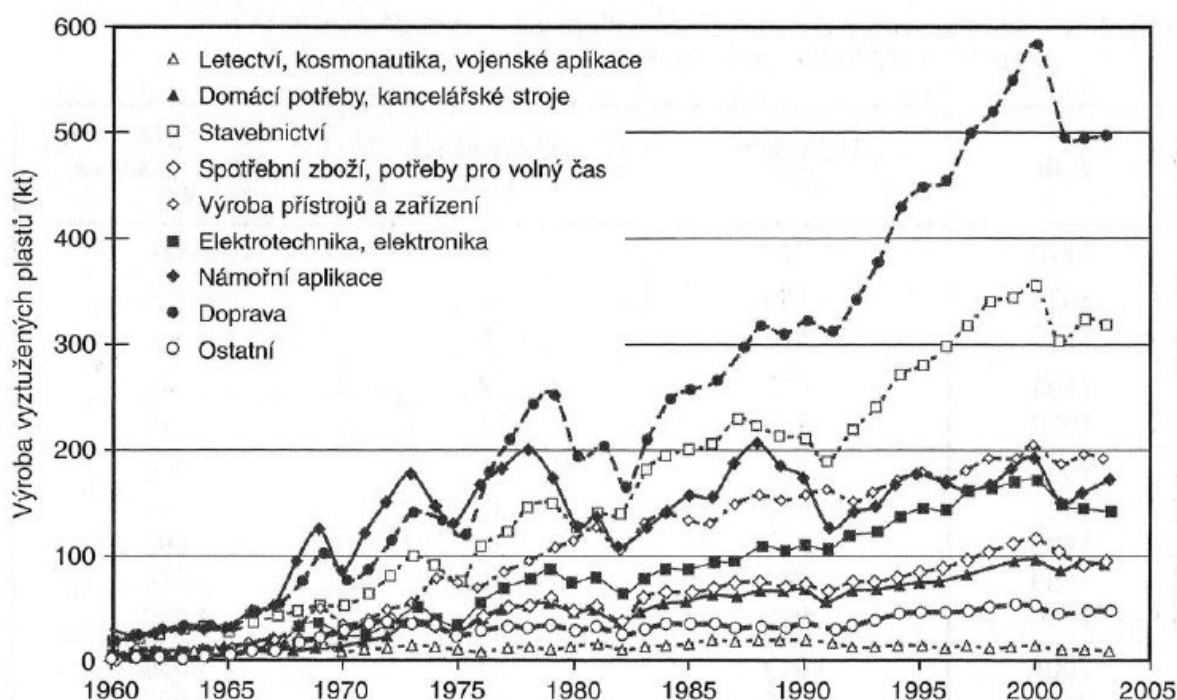


Obr. 2.7 Karoserie spider [4]

### 3 KOMPOZITNÍ MATERIÁLY

Jedná se o materiál, který se skládá z více jak dvou materiálů o odlišných mechanických, fyzických a chemických vlastností. Kompozitní materiál pak dosahuje vlastností závislých na procentuálním zastoupení jednotlivých složek. Výsledný kompozit pak dosahuje mnohem lepších vlastností. [5]

S nástupem moderních technologií se dnes kompozity uplatňují v mnoha výrobcích a provozech. Ve strojírenství se nejvíce uplatňuje v leteckém, lodním a automobilovém průmyslu při konstrukci karoserií a vnějších ploch.



Obr. 3.1 Aplikace kompozitních materiálů v letech 1960 – 2005 [5]

#### Výhody kompozitních materiálů:

- vysoká pevnost a tuhost.
- nízká hmotnost.
- odolnost vůči korozi.
- dobré vlastnosti při statickém i dynamickém zatěžování.
- dobré tlumicí vlastnosti.
- možnost vyrábět designově složité díly. [6]

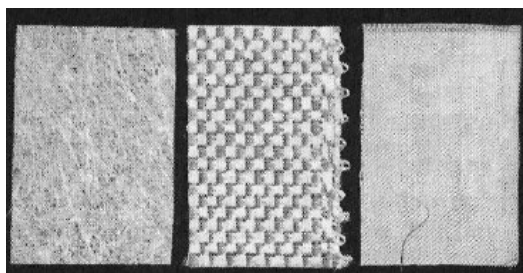


**Nevýhody kompozitních materiálů:**

- specifické, mnohdy složité způsoby výroby a zpracování.
- horší mechanické vlastnosti ve směru kolmo k orientaci uložení vláken (týká se vláken vyztužených kompozitů).
- vysoké náklady při dimenzování náročných konstrukcí.
- lokální poškození, např. po nárazu, se obtížně identifikuje a opravuje ve srovnání s konvenčními materiály.[6]

**3.1 Skelné vlákno**

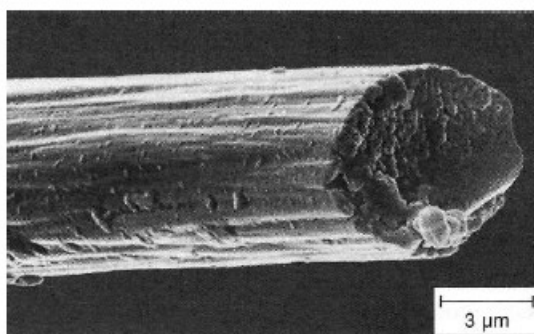
Vyrábí se tažením taveniny skla, zejména E-skla (borosilikátového). Jednotlivá vlákna mají přibližně průměr 10  $\mu\text{m}$ . Mezi jejich přední vlastnosti patří odolnost proti ohni, dlouhodobě snáší teploty až 450°C a mnoha chemikáliím. [6] Mají vysokou pevnost v tahu, ale nízký modul pružnosti. Jejich pevnost snižuje vlhkost a odolnost vůči odírání je taky nízká. [5]



Obr. 3.2 Plátina ze skelného vlákna[5]

**3.2 Uhlíkové vlákno**

Uhlíková vlákna jsou vlákna o průměru mezi 5 a 10  $\mu\text{m}$  tvořená většinou atomy uhlíku, které jsou spojeny v mikroskopické krystaly. Uhlíková vlákna se vyrábí dvěma způsoby. Jeden využívá polyakrylonitrilových vláken (PAN) a druhý vychází ze surovin bohatých na uhlík. Uhlíková vlákna jsou nejlepší výztuž pro kompozity, zvláště u uhlíkových laminátů, kde je žádoucí nízká hmotnost s vysokou dynamickou odolností. [5]



Obr. 3.3 Uhlíkové vlákno[5]



## 4 TECHNOLOGIE LAMINOVÁNÍ

U laminování rozeznáváme dvě základní technologie:

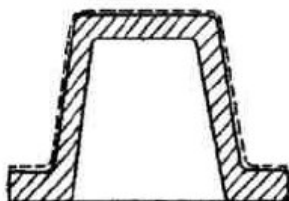
- Za studena (s tlakem, nebo i bez působení tlaku)
  - Za tepla (za působení tlaku)
- První metoda spočívá v teplotě, při které laminování probíhá. Teplota nesmí překročit 25°C, kdy vytvrzování probíhá bez působení tlaku a za přístupu vzduchu.
- Při laminování za tepla dochází k vytvrzování za působení tlaku a při zahřátí na teplotu 100°C

Samotné laminování se provádí procesem vrstvení bez působení tlaku a za normální teploty. Na jednotlivé vrstvy tkaniny se nanáší připravená pryskyřice stěrkou nebo štětcem. Skelné tkaniny se vrství do forem a to buď do forem pozitivních, nebo negativních.

Pozitivní formy zaujímají tvar požadovaného modelu zmenšeného u tloušťku laminátu. Výsledkem je výrobek s vnitřní hladkou plochou a vnější viditelnou drsnou a nerovnou, což je velká nevýhoda použití pozitivní formy.

Na druhou stranu negativní forma je vyrobena jako dutina o vnitřním tvaru požadovaného výrobku. Po vyjmutí výrobku z formy je jeho pohledový tvar hladký a rovný. U negativních forem je komplikované složité a uzavřené tvary výrobku vyjmout z formy, a proto se zde používají dělené formy ze dvou a více částí. [7]

Pozitivní forma



Negativní forma



Obr. 4.1 Pozitivní a negativní forma pro laminování [7]

## 4.1 Volba technologie laminování

Volba vhodné technologie laminování ze skelných vláken se řídí několika kritérii, z nich nejdůležitější jsou tyto:

### A) Rozměr výrobku

Lamináty jsou neobyčejně tvárným materiálem, který dovoluje výrobu neomezeně velkých součástí, proto je velmi důležité aby se výrobek skládal s co nejmenšího počtu dílců, které vždy do procesu vnášejí určitou nepřesnost. Dalším aspektem jsou i ekonomické důvody, kdy je mnohem přijatelnější vyrábět jednu formu, než několik dílčích. [7]

### B) Počet vyráběných kusů

Výroba laminátu se provádí buď kusová, nebo malosériová. Velké série se neprovádí jak z důvodu ekonomického, tak i technologického, kdy formy nekovových materiálů mají omezenou životnost. Životnost forem se počítá v počtech vyrobených kusů, ale taky degradací materiálu při působení klimatických podmínek za jednotku času. Nejvýhodnější je tato technologie pro prototypovou výrobu s ručním kladením. [7]

### C) Požadované povrchové a mechanické vlastnosti

Technologie laminování těsně souvisí i s požadovanými mechanickými vlastnostmi. Je třeba zvolit správný postup kladení jednotlivých vrstev tkaniny a dbát na dostatečné množství pryskyřice. Nemalý vliv na mechanické vlastnosti má i samotný konstrukční návrh, který by se měl řídit zásadami pro konstrukci skořepinových dílů. Hotový výrobek tedy musí být bezvadný jak z pohledové stránky, ale taky po celém jeho průřezu. To znamená bez bublin a dalších vad, které mohou vzniknout při nesprávné technologii. [7]



Obr. 4.2 Technologie ručního laminování [8]

## 5 KONSTRUKČNÍ NÁVRH JEDNOTLIVÝCH DÍLŮ KAROSERIE

V této kapitole se budu zabývat návrhem jednotlivých dílů karoserie. Vstupními daty pro mou práci je designová studie, která obsahuje vnější geometrii karoserie. Mým úkolem je navrhnout dělení na jednotlivé segmenty karoserie a jejich podrobné zpracování, které zajistí jejich funkčnost a výrobu. Materiál karoserie byl zvolen laminát, tak volba konstrukčních úprav byla zvolena podle následné technologie výroby a materiálových vlastností kompozitního materiálu.

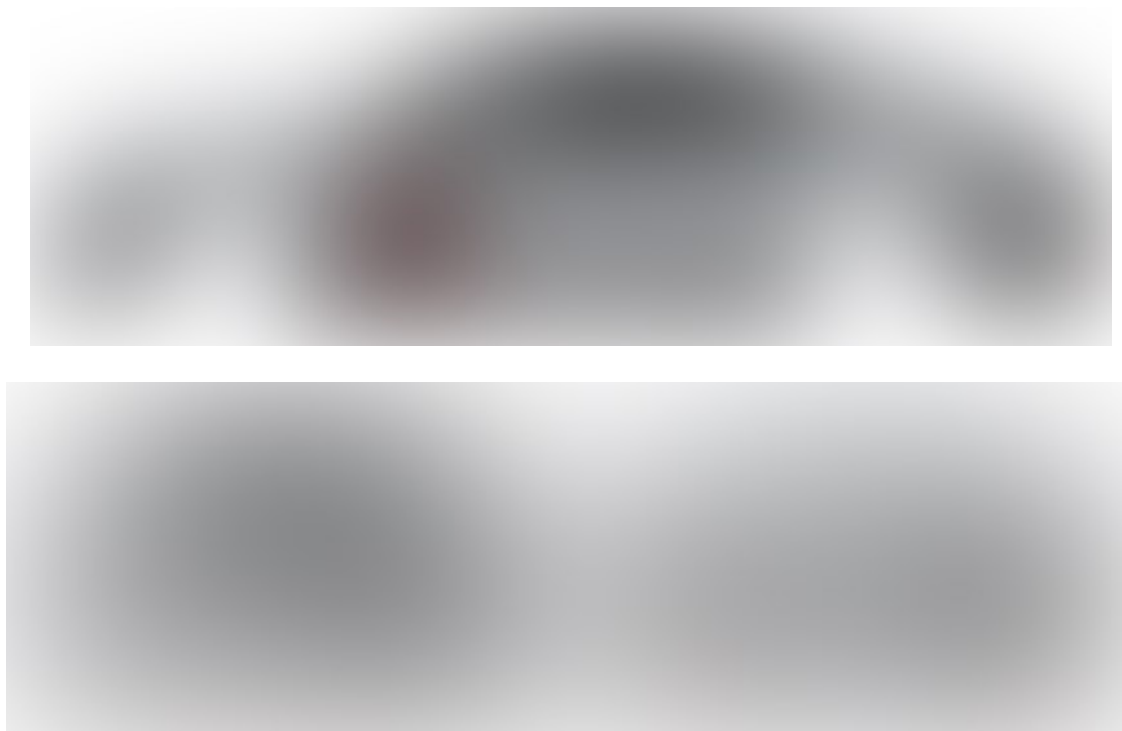
Návrh všech dílů jsem prováděl v programu CATIA V5. Výstupem mé diplomové práce budou 3D data jednotlivých dílů karoserie, které budou použity k výrobě forem pro laminování a jejich technická dokumentace.



*Obr. 5.1 Automobil StudentCar v prostředí CATIA*

## **5.1 Designová studie**

Designová studie byla vypracována pro projekt StudenCar. Pro mou práci mi byly poskytnuty 3D data vnější geometrie karoserie.



Obr. 5.2 Designová studie

## **5.2 Segmentace karoserie**

Nejdříve bylo nutné designový návrh karoserie rozdělit na jednotlivé segmenty, tak aby jej bylo možné vyrobit a následně připevnit na ocelový rám. Karoserie byla tedy rozdělena na těchto deset základních segmentů:

- bočnice levá
- bočnice pravá
- dveře levé
- dveře pravé
- přední kapota
- přední nárazník
- zadní nárazník
- žlab pro stěrače
- střecha
- zadní kufr

V následujících kapitolách budou jednotlivé díly představeny a popsány konstrukční úpravy, které na nich byly provedeny.

### 5.3 Návrh bočnice automobilu

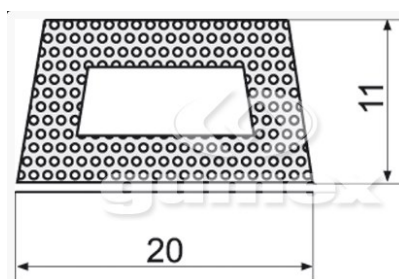
Na modelech bočnic bylo potřeba navrhnout lišty pro utěsnění ploch mezi střechou, kapotou, žlabem pro stěrače a zadní části karoserie jako jsou kufr a zadní nárazník. Navrhnout zástavbu dveří včetně uchycení pantů a zámku, lišty pro podběhy a usazení čelního a bočního skla. Na obr. 5.3 jsou bočnice vyznačeny na sestavě karoserie.



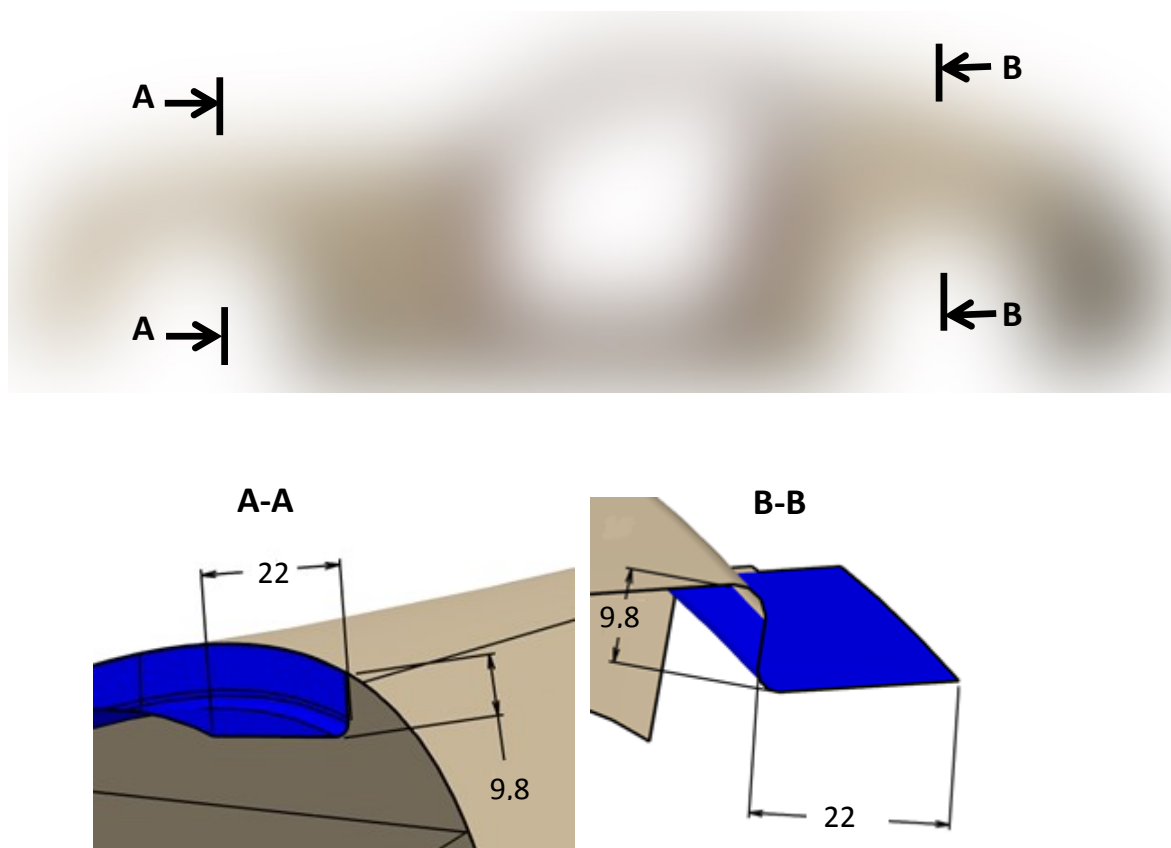
Obr. 5.3 Bočnice vyznačené v sestavě

#### Utěsnění přední kapoty

Mezeru mezi bočnicí a přední kapotou bylo nutné utěsnit tak, aby bylo možné kapotu odklápět. Zvolil jsem tedy typ těsnění viz. Obr. 5.4, který utěšňuje spáru po dovření kapoty. Podle typu těsnění byla na bočnici vytvořena lišta o šířce 22 mm, na které je těsnění nalepeno. Hloubka lišty je dána tloušťkou laminátu, výškou těsnění a zvolenou vůlí mezi nimi.



Obr. 5.4 Profil těsnění [10]



Obr. 5.5 Parametry lišty u přední kapoty a zadního kufru

### Utěsnění zadního kufru

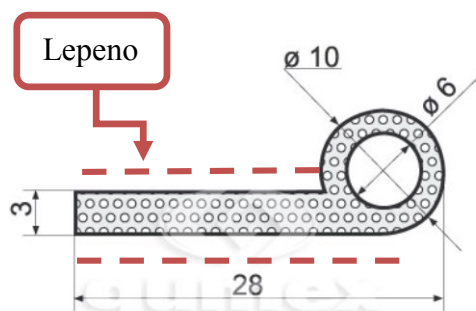
Zadní kufr je utěsněn obdobně jako přední kapota, je zde použit stejný druh těsnění, který je znázorněn na Obr. 5.4. Opět byla zde navržena lišta o šířce 22 mm pro lepené těsnění. Podrobné parametry lišty jsou znázorněny na Obr. 5.5.



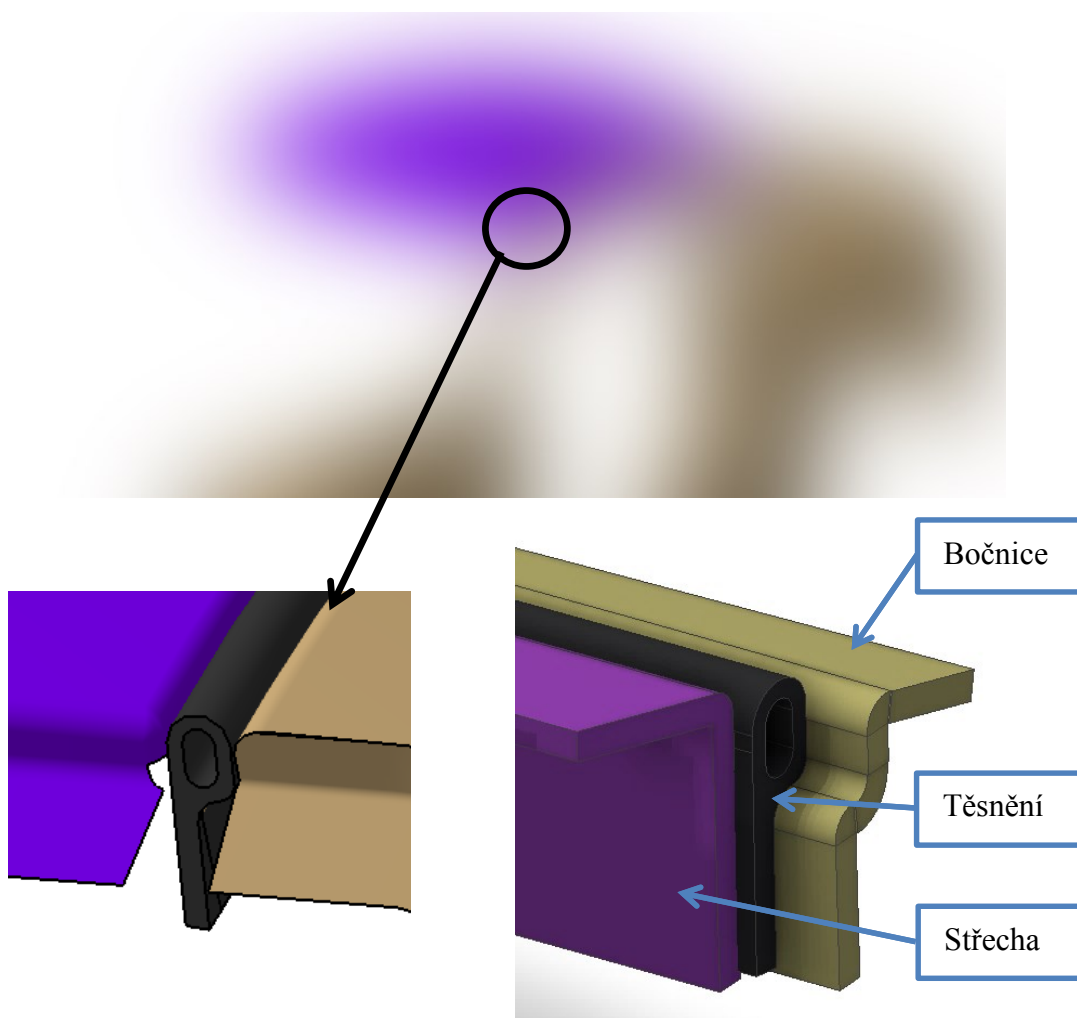
Obr. 5.6 Těsnící lišta pro zadní kufr

**Utěsnění střechy**

Pro utěsnění střechy byl zvolen profil tvaru „NOTA“ (Obr. 5.7). Profil je usazen mezi segmentem střechy a bočnice. Podle tvaru těsnění byla navržena lišta na obou segmentech karoserie. Na Obr. 5.8 je znázorněno ustavení těsnění v drážce vzniklé mezi bočnicí a střechou.



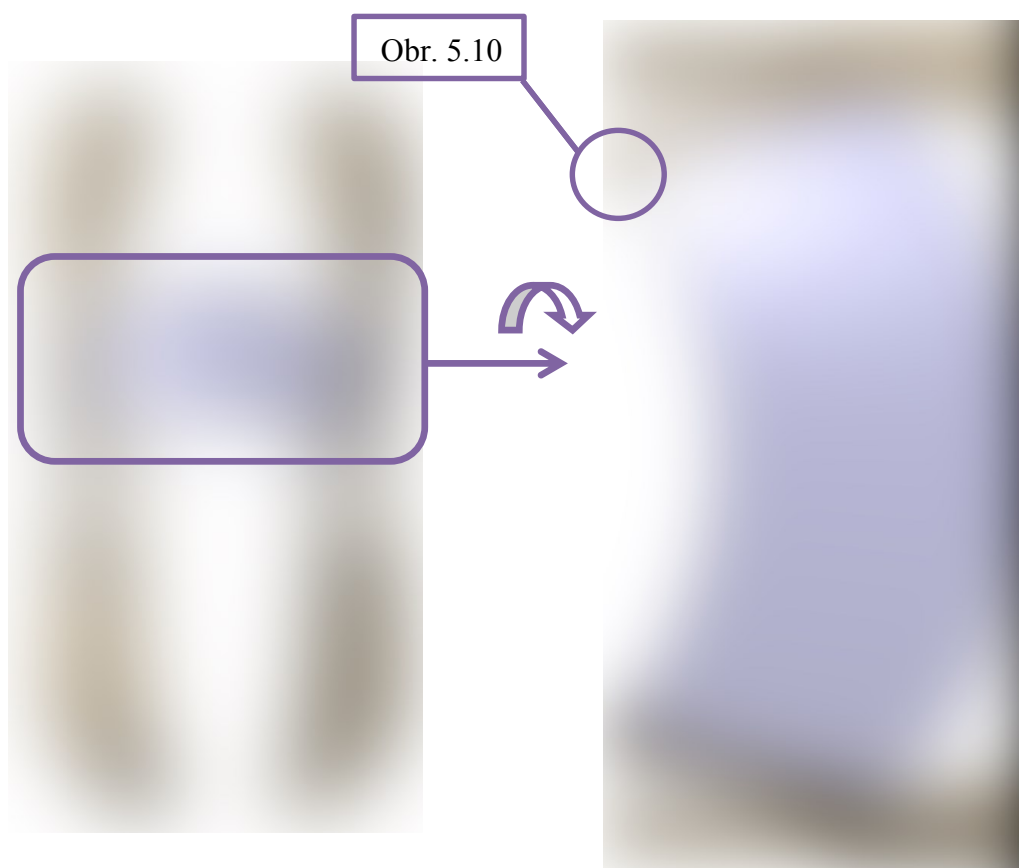
Obr. 5.7 Profil těsnění GUMEX „NOTA“ [10]



Obr. 5.8 Usazení těsnění střechy

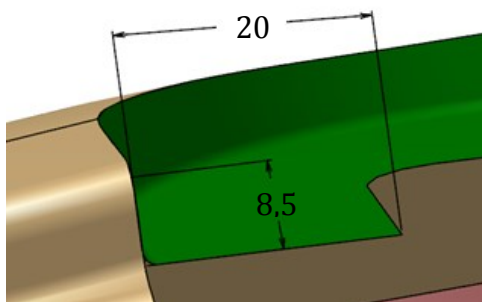
**Usazení čelního skla**

Pro usazení čelního skla tloušťky 7 mm jsem navrhnul po celém jeho obvodu lištu širokou 20 mm. Délka lišty byla zvolena s ohledem na plochu lepeného spoje pod čelním sklem. Hloubku lišty bočnice jsem zvolil 8,5 mm. Při volbě jsem vycházel z tloušťky čelního skla a tloušťky lepeného spoje, který je 1,5 mm. Rozměrové parametry lepeného spoje byly poskytnuty specializovaným pracovištěm, kde bude po návrhu čelní sklo vyrobeno a nalepeno.



*Obr. 5.9 Čelní sklo usazené na lištách bočnice*

Na Obr. 5.10 jsou zobrazeny parametry zvolené lišty pro usazení čelního skla.

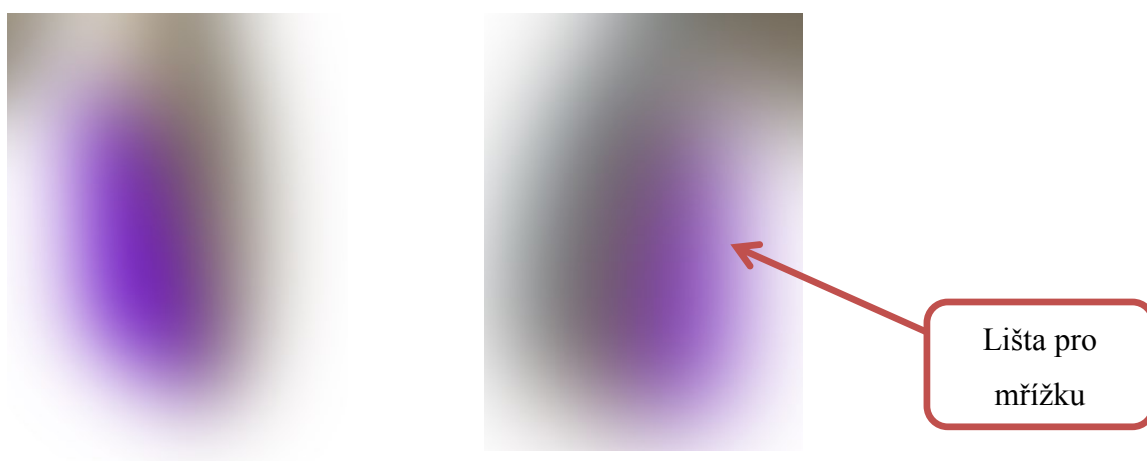


*Obr. 5.10 Rozměry lišty pro usazení čelního okna*



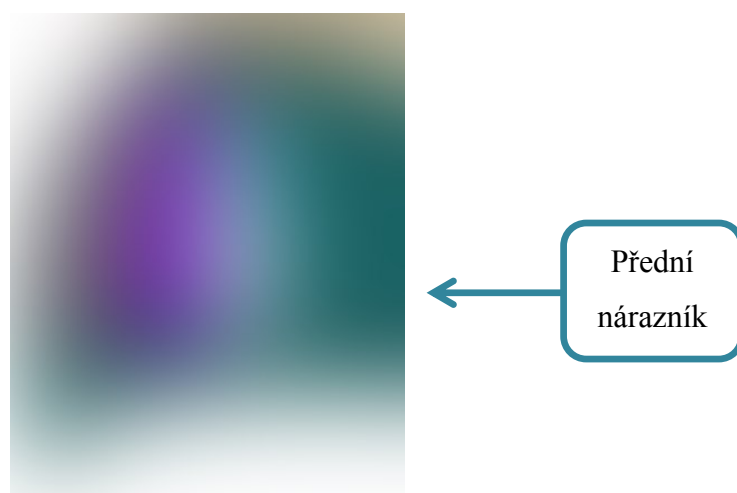
**Návrh vzduchovodu**

Přední část bočnice současně s předním nárazníkem by měla tvořit vzduchovod pro přívod vzduchu k předním kolům. Pro vytvoření vzduchovodu bylo nutné oba segmenty upravit a konec opatřit lištou pro upevnění mřížky. U bočnice úprava spočívala ve vytvoření plochy (na obrázku vyznačena fialovou barvou) a zakončením lištou. Užití mřížky u vzduchovodů stanovuje norma, která udává maximální možnou velikost nekrytého průchodu. Ten rozměr odpovídá velikosti dětské hlavičky, a pokud otvor dosahuje větších rozměrů, než je dovoleno, musí otvor obsahovat mřížku, nebo jiné uzavření.



*Obr. 5.11 Návrh plochy vzduchovodu*

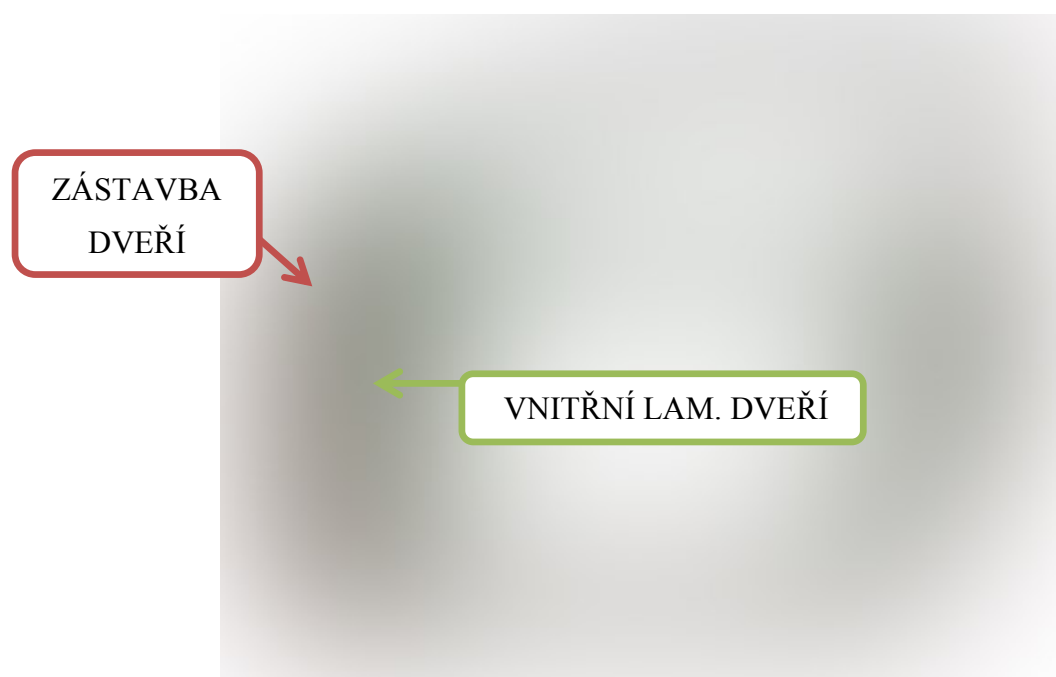
Po provedení stejné úpravy i na předním nárazníku jsem získal uzavřený vzduchovod, který bude přivádět vzduch k předním kolům. Výsledný tvar vzduchovodu je zobrazen na Obr. 5.12.



*Obr. 5.12 Celý vzduchovod*

**Zástavba dveří**

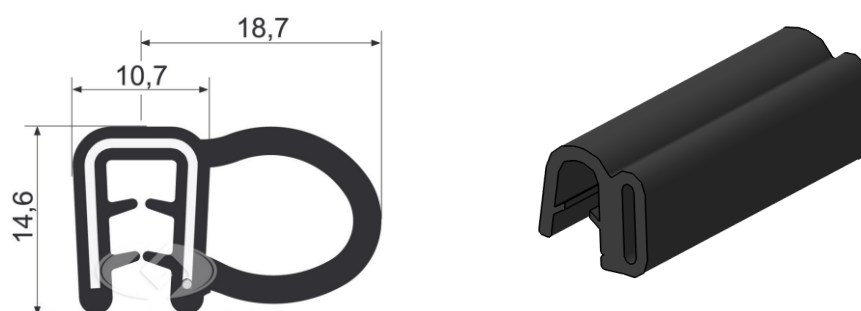
Do vyříznutého otvoru pro dveře byla navržena zástavba dveří. Její tvar byl vytvořen na základě modelů dveří, které jsem navrhnul podle standartizovaných parametrů a s ohledem na použití některých převzatých dílů ze Škoda Octavia II. Zástavba obsahuje uchycení pantů dveří, zámku a lišty pro utěsnění dveřního prostoru. Tvar zástavbové plochy dveří vychází z konstrukčního řešení vnitřního laminátu. Měřením na skutečném automobilu jsem určil potřebnou vůli mezi jednotlivými díly karoserie a vytvořil odsazenou plochu zástavby. Naměřená vůle ve spodní části u prahu činí cca 27mm a kolem zámku 10mm. Návrh je znázorněn na Obr. 5.13.



Obr. 5.13 Návrh vůle mezi dveřmi a bočnicí

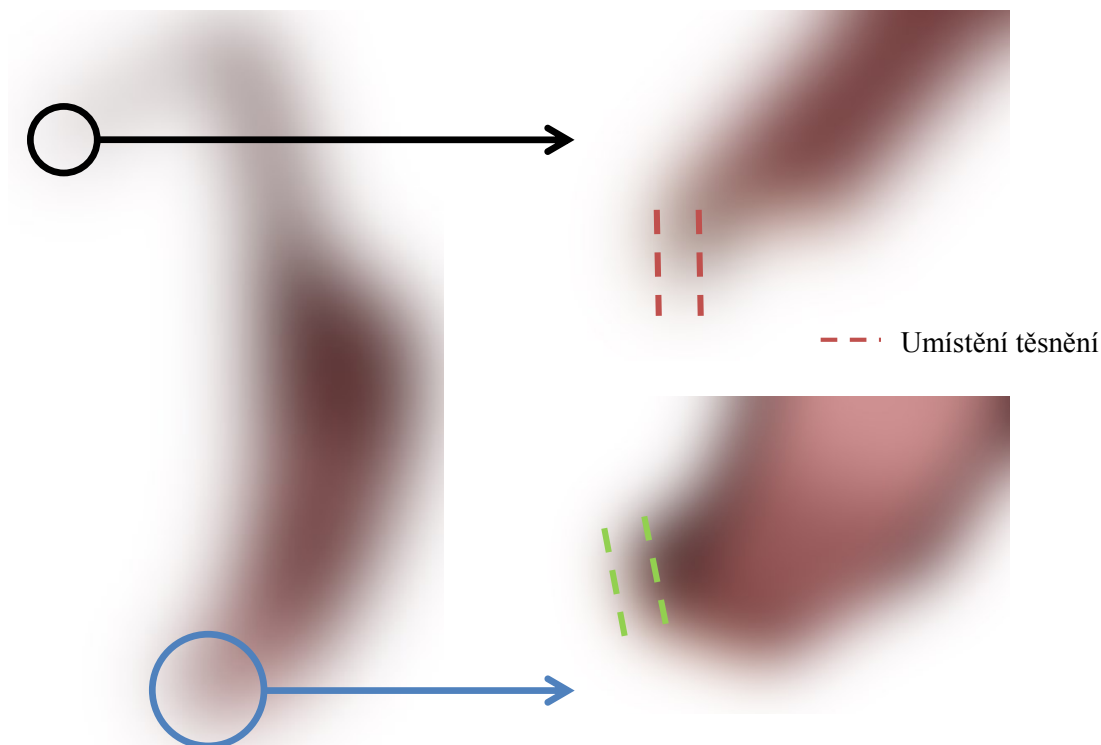
**Návrh utěsnění dveří**

Pro utěsnění dveří byl vybrán těsnicí profil s ocelovou výztuhou (Obr. 5.14). Jedná se o těsnění, které potřebuje pro své ustavení lištu po celém obvodu dveří.



Obr. 5.14 Těsnění s kovovou výztuhou [10]

Lišty pro usazení těsnícího profilu jsou vedeny po obvodu vnitřního laminátu dveří, který je konstrukčně řešen v následujících kapitolách. Vycházel jsem tedy z návrhu dveří a pouze upravil dosedací plochy pro tento typ těsnění.



Obr. 5.15 Řez lištou pro uchycení těsnění

Po zhotovení všech detailů na modelu zástavby dveří byl vložen do modelu bočnice. Sestavený model je vyobrazen na Obr. 2.17.



Obr. 5.16 Zástavba dveří



Obr. 5.17 Vsazený model zástavby do bočnice

**Kapsa pro nabíjecí zásuvku**

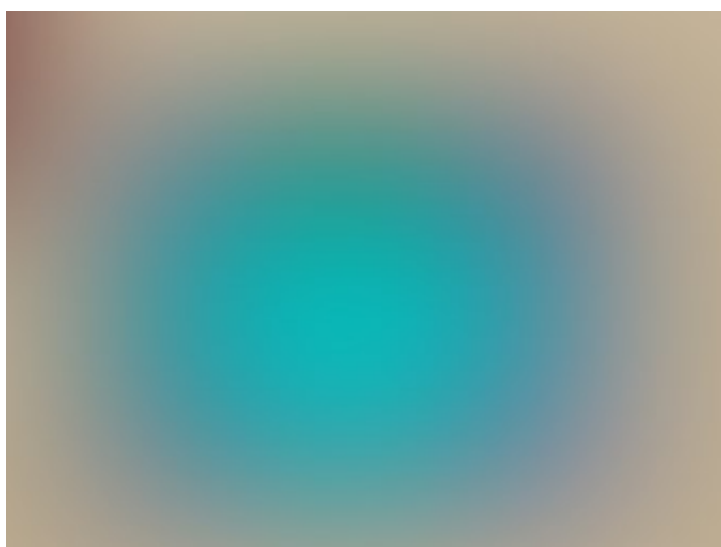
Kapsu pro nabíjecí zásuvku obsahuje pouze levá bočnice a byla umístěna s ohledem na obsluhu při nabíjení. Proto byla umístěna v blízkosti dveří pro snadnější obsluhu při nabíjení. Dalším aspektem umístění byly velké rozměry nabíječky a její umístění na rámu. Pozice je znázorněna na Obr. 5.18



*Obr. 5.18 Umístění kapsy pro nabíječku*

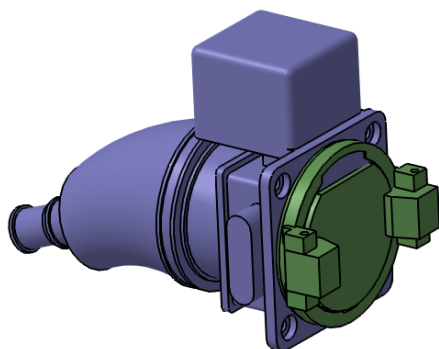
Tvar a velikost kapsy byl navržen podle typu nabíječky, která bude na automobilu použita. K návrhu jsem měl k dispozici 3D model zásuvky nabíječky (Obr. 5.20)

Podle modelu zásuvky nabíječky jsem navrhnul tvar a rozměry kapsy. Rozměry kapsy jsou vyznačeny na Obr. 5.19

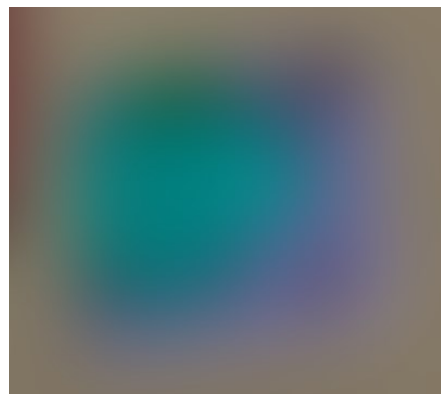


*Obr. 5.19 Základní rozměry kapsy*

Na Obr. 5.21 je zobrazeno ustavení zásuvky nabíječky do navržené kapsy. Kapsa obsahuje otvor pro uzamykání víčka.



Obr. 5.20 Zásuvka nabíječky



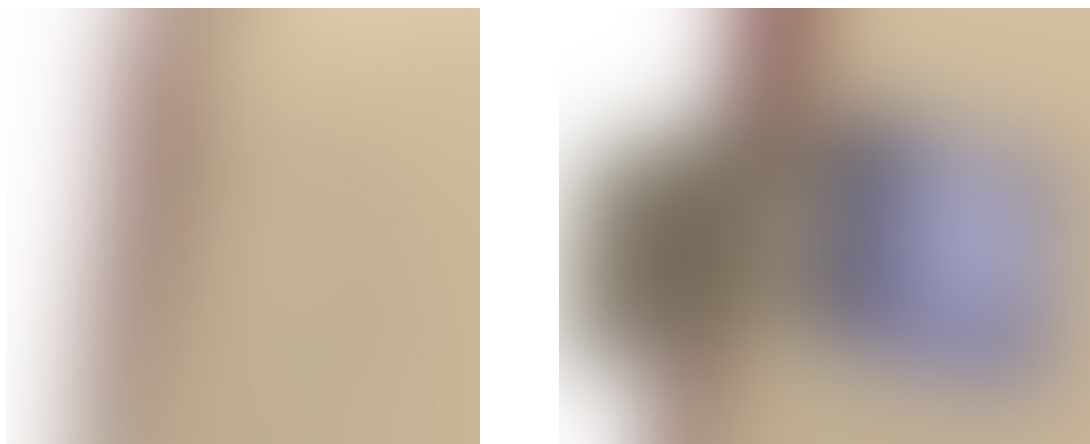
Obr. 5.21 Ustavení zásuvky

Víčko kapsy nabíječky je navrženo z původní geometrie, která byla předtím vyříznuta. Nebude vyráběno z laminátu jako zbylé části karoserie, ale pro jeho výrobu se využije technologie 3D tisku. Víčko se skládá z plastového prostorového dílu a dvou ocelových ramen pantu. Tvar ramen byl navržen při kinematické analýze, aby víčko odkrylo co největší prostor před zásuvkou a nedocházelo ke kolizím.



Obr. 5.22 Víčko s ocelovými panty

Ramena pantů jsou z ohýbaného plechu  $t=2mm$  a jsou k plastovému dílu přilepeny. Na protější straně víčka se nachází oko pro možnost uzamykání kapsy nabíječky.



*Obr. 5.23 Sestavení víčka na bočnici*

### **Shrnutí konstrukčního návrhu bočnice automobilu**

Z designové studie jsem vytvořil model bočnice a opatřil jej lemy pro těsnění, usazení oken a zástavbou pro usazení dveří. U levé bočnice jsem dále navrhnul kapsu pro nabíjecí zásuvku. Na Obr. 5.24 je zobrazena navržená bočnice se všemi úpravami. Nepopsané úpravy v této kapitole budou umístěny do přílohy A.



*Obr. 5.24 Kompletní levá bočnice*

## 5.4 Návrh střechy automobilu

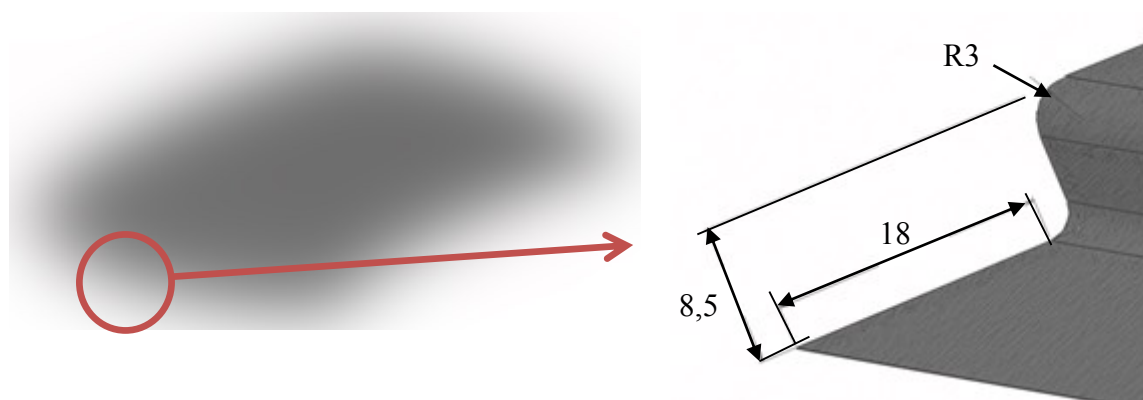
U střechy bylo nutné navrhnout lištu na usazení čelního skla, plochy pro těsnění mezi bočnicí, lištu pro těsnění zadního kufru a zvážit užití výztuhy.



Obr. 5.25 Střecha vyznačená na sestavě

### Usazení čelního skla

Na přední části laminátové střechy bude usazené čelní sklo o tloušťce 7 mm s přídavkem 1,5 mm na lepení. Pro tloušťku laminátu 4mm byla zvolena šířka lišty pod sklem 18mm. Na Obr. 5.26 je zobrazena navržená lišta pro usazení čelního skla i s detailem.



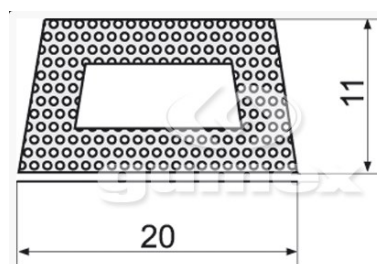
Obr. 5.26 Přední lišta pod čelní sklo

## Utěsnění střechy a bočnice

Mezeru vzniklou rozdělením střechy a bočnice je nutno zatěsnit způsobem, který bude umožňovat snadnou montáž a demontáž obou segmentů karoserie. Tuto problematiku jsem již popsal v kapitole 5.3, kde byl popsán návrh lišty na modelu bočnice. Způsob utěsnění střechy je tedy zobrazen na Obr. 5.8.

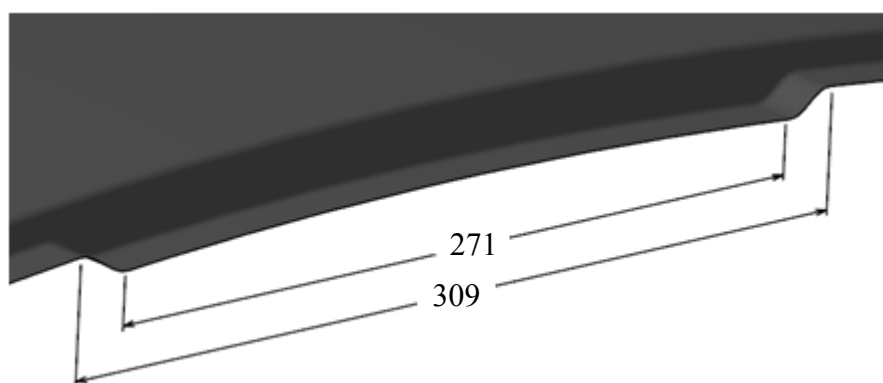
## Utěsnění střechy a zadního kufru

Utěsnění střechy a zadního kufru je řešeno obdobně jako utěsnění přední kapoty s bočnicí. Je použit stejný profil těsnění (Obr. 5.27). Na zadní části střechy jsem navrhnul tvarovanou lištu šířky 22 mm. Při návrhu tvaru jsem vycházel z modifikovaného modelu zadního kufru, který obsahuje prolis pro umístění zadního okna. Geometrie a parametry tvarové složitosti zadní lišty pro těsnění v závislosti na modelu zadního kufru, bude popsána v příloze A.



Obr. 5.27 Profil těsnění [10]

Na Obr. 5.28 je zobrazeno tvarové řešení těsnící lišty u zadního kufru. Lišta je tvarována prolisem, který odpovídá geometrii víka kufru. Z důvodu rozsáhlosti popisu tohoto konstrukčního uzlu jsem se jej rozhodl zařadit do přílohy A.

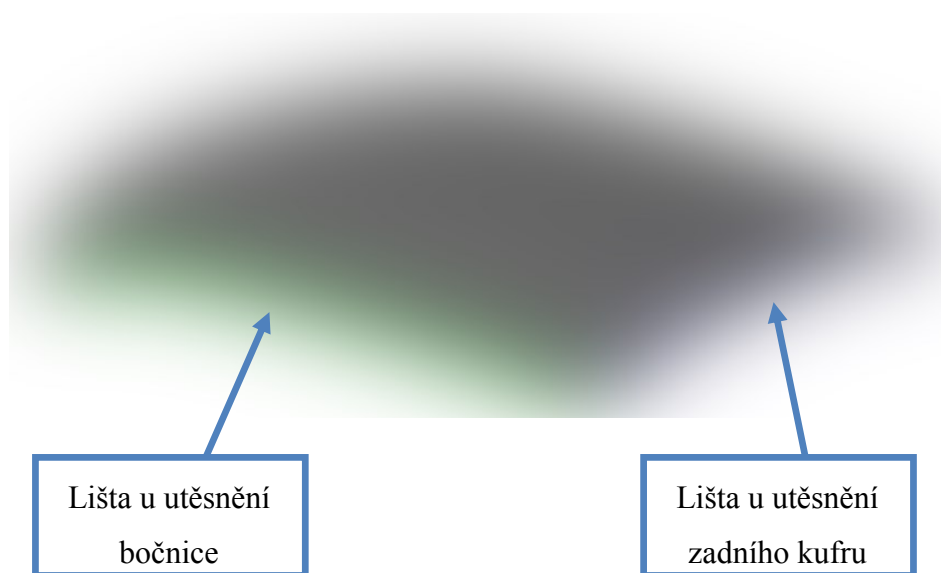


Obr. 5.28 Zadní lišta



## Shrnutí konstrukčního návrhu střechy automobilu

Plochu střechy jsem vytvořil na základě designového návrhu. Na modelu střechy byly navrženy lišty pro utěsnění mezi bočnicí a zadním kufrem. Na přední části byla navržena lišta pro usazení čelního skla. Na Obr. 2.29 je zobrazen model střechy. Úpravy a parametry, které jsem v této kapitole nezmínil, jsou obsahem přílohy A.



Obr. 2.29 Zadní lišta pro těsnění

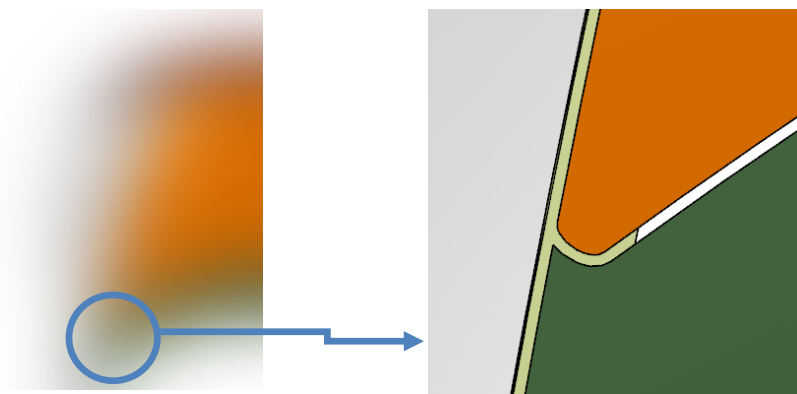
### 5.5 Návrh žlabu pro stěrače

U žlabu pro stěrače bylo nutné navrhnut lištu pro ustavení čelního skla, těsnicí lištu s přední kapotou a navrhnut umístění stěračů.



Obr. 5.30 Poloha žlabu pro stěrače

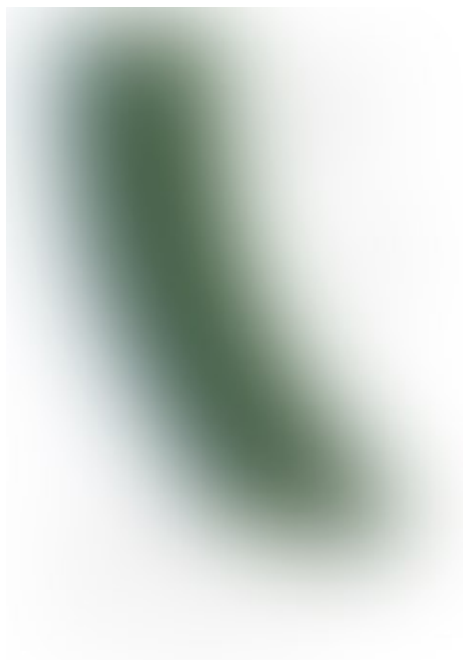
Původní tvar žlabu pro stěrače upravil podle modelu přední kapoty. Model přední kapoty nesmí mít vzhledem k jeho naklápění dlouhé ostré rohy v oblasti uchycení pantu, tak došlo k jejich zaoblení. Stejnou operaci bylo tedy nutné provést i u modelu žlabu. Na Obr. 2.31 je znázorněna provedené úprava.



*Obr. 5.31 Úprava plochy žlabu podle modelu kapoty*

### **Umístění otvorů pro stěrače**

V levé polovině žlabu bude upevněn k rámu mechanismus pohánějící stěrače. Bylo proto třeba navrhnout plochy pod ramena stěračů. Návrh jsem provedl podle skutečného stěrače vyjmutého ze Škody Octavia II. Výsledné rozvržení ploch pod rameny stěračů je zobrazeno na Obr. 5.32.



*Obr. 5.32 Poloha ploch pod rameny  
stěračů*



*Obr. 5.33 Plochy pod stěrači*

### Utěsnění přední kapoty a žlabu pro stěrače

V přední části žlabu jsem navrhnul lištu pro utěsnění přední kapoty. Lišta je vytvořena tak, aby navazovala na lištu u bočnice a těsnění plynule navazovalo. Parametry lišty a typ použitého těsnění je shodný s modelem bočnice při utěsňování přední kapoty. Proto se zde už detailně tímto problémem zabývat nemusím.

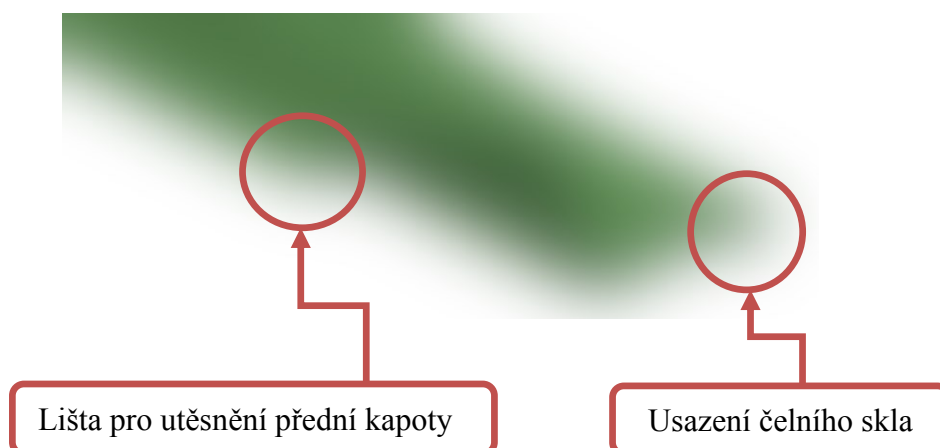
### Shrnutí konstrukčního návrhu žlabu pro stěrače

Po vytvoření modelu průřezu žlabu bylo navrženo umístění otvorů pro stěrače a byl opatřen lištami pro těsnění a usazení čelního okna.



Obr. 5.34. Žlab nasazený na bočnici

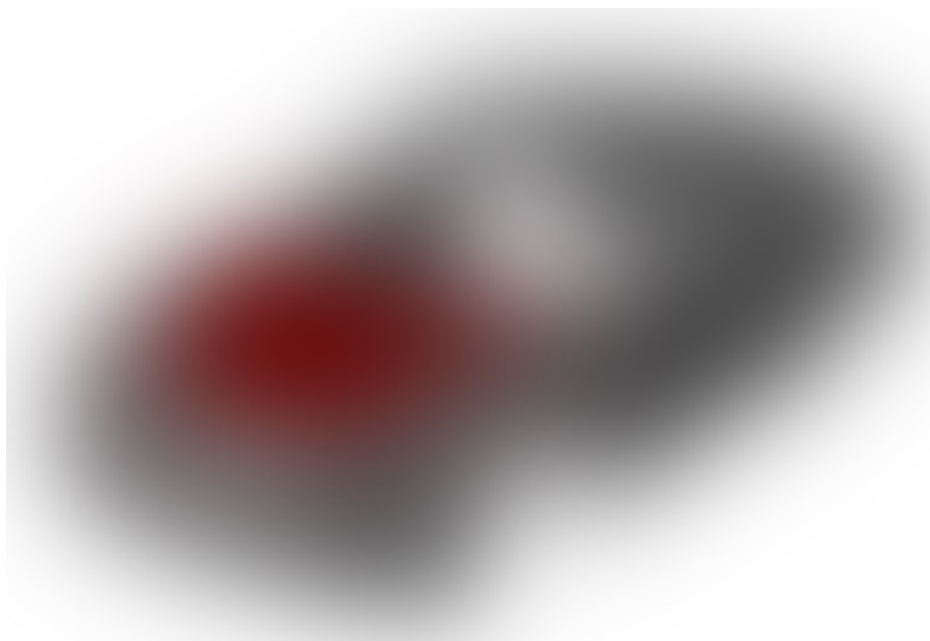
Na Obr. 5.35 je konečný průřez žlabu. Žlab je vyroben z laminátu tloušťky 4 mm a obsahuje lištu pro usazení čelního skla a lištu pro těsnění přední kapoty.



Obr. 5.35. Průřez žlabem pro stěrače

## 5.6 Návrh přední kapoty automobilu

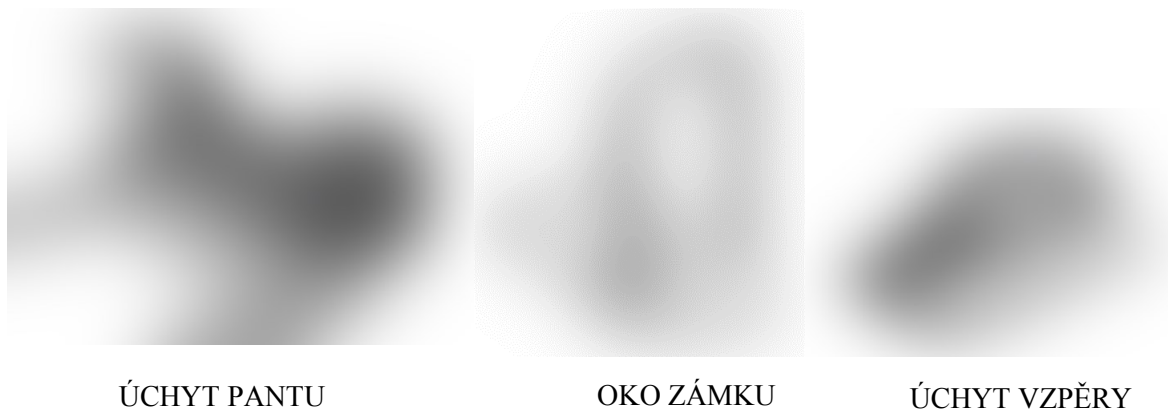
Na modelu přední kapoty bylo třeba navrhnout výztuhu, která bude zachovávat její tvar při časté manipulaci a prvky pro její uchycení k rámu automobilu. Tvar přední kapoty je určen segmentací z designového návrhu. Ten byl popsán v kapitole 5.2.



*Obr. 5.36 Přední kapota vyznačená v sestavě*

### Komponenty na přední kapotě

Na přední kapotu jsou připevněny úchyty pantů, vzpěra pro podepření kapoty a oko zámku. Všechny komponenty jsou vyrobeny z nerezové oceli a přilepeny k laminátové konstrukci kapoty.



ÚCHYT PANTU

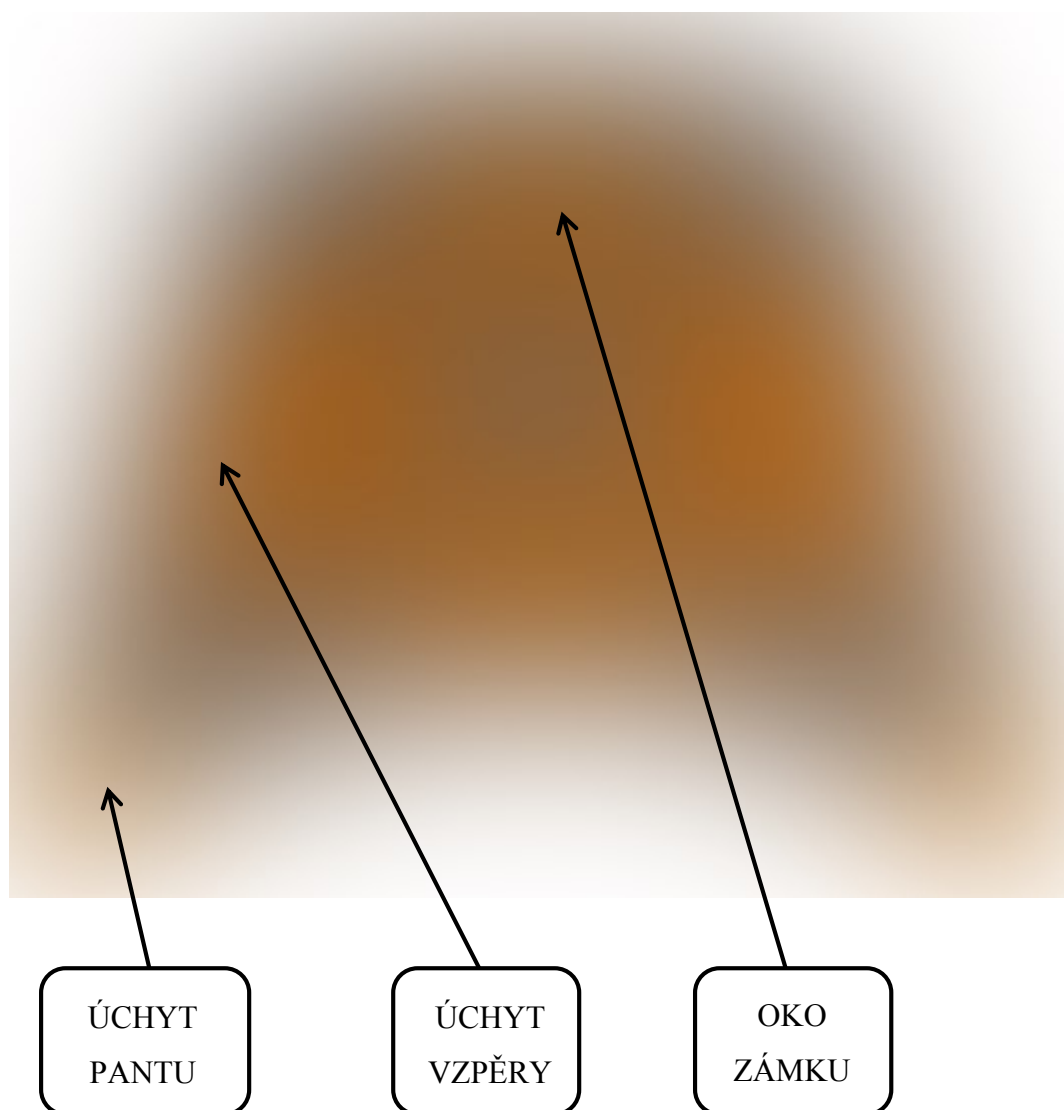
OKO ZÁMKU

ÚCHYT VZPĚRY

*Obr. 5.37 Komponenty na přední kapotě*

## 5.7 Návrh výztuhy přední kapoty

Na spodní části přední kapoty byla navržena laminátová výztuha šířky 60 mm. Výztuha je umístěna 30 mm od okraje přední kapoty, kde se nachází kalibrovaná plocha. Na oblast kalibrované plochy dosedá těsnění umístěné na okolních částech karoserie, a proto musí být vyrobena s velkou přesností. Výšku výztuhy jsem zvolil 5 mm.



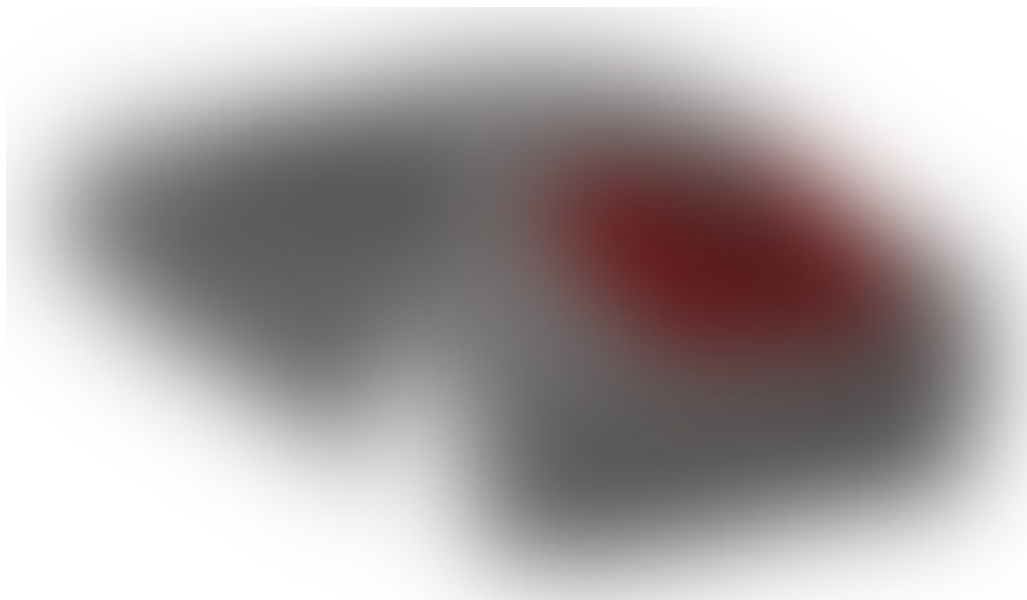
Obr. 5.38 Pohled na spodní část přední kapoty

## Shrnutí konstrukčního návrhu přední kapoty

Na modelu přední kapoty byla navržena laminátová výztuha a úchyty pro přilepení ocelových komponentů. Na obrázku 5.38 je zobrazena sestava přední kapoty se všemi náležitostmi.

## 5.8 Návrh zadního kufru automobilu

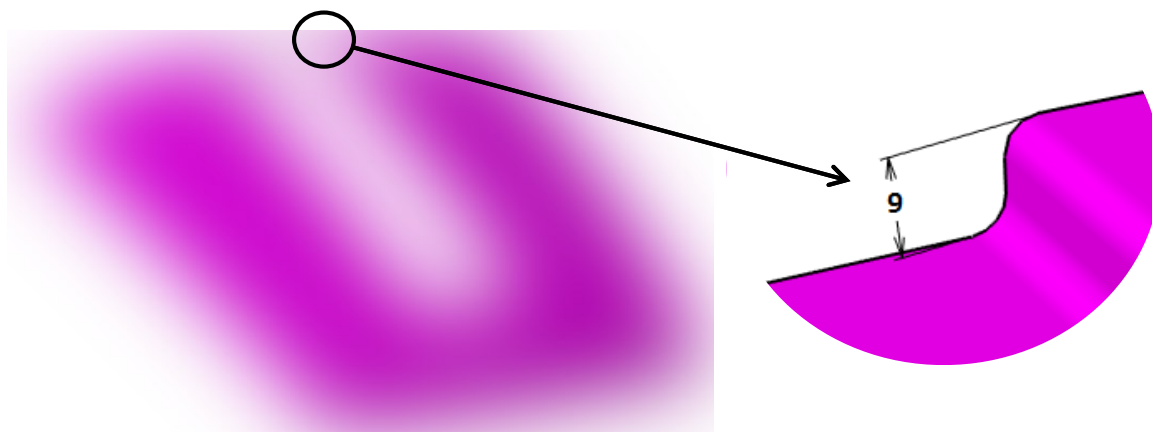
Na modelu víka zadního kufru bylo navrženo usazení zadního okna, uchycení pantů a zámků. Na vnitřní ploše byly definované kalibrované plochy a navrhnutá výztuha.



Obr. 5.39 Zadní kufr vyznačený na sestavě

### Návrh prolisu pro usazení zadního okna

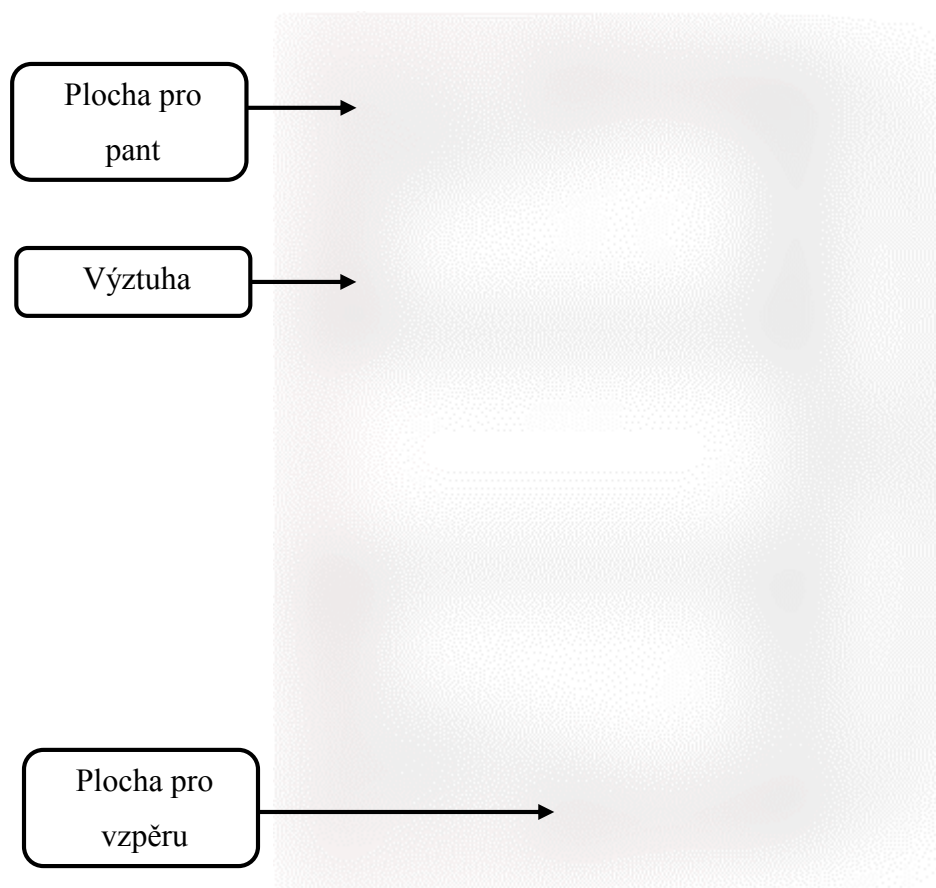
V modelu víka kufru je usazeno zadní okno, pro které bylo nutné navrhnout prolis. K tomu účelu byla na modelu navržena lišta, která vzhledem k tloušťce skla (8mm) a 1mm mezery pro lepení je zapuštěná 9mm (Obr. 5.40).



Obr. 5.40 Návrh lišty pro zadního okna

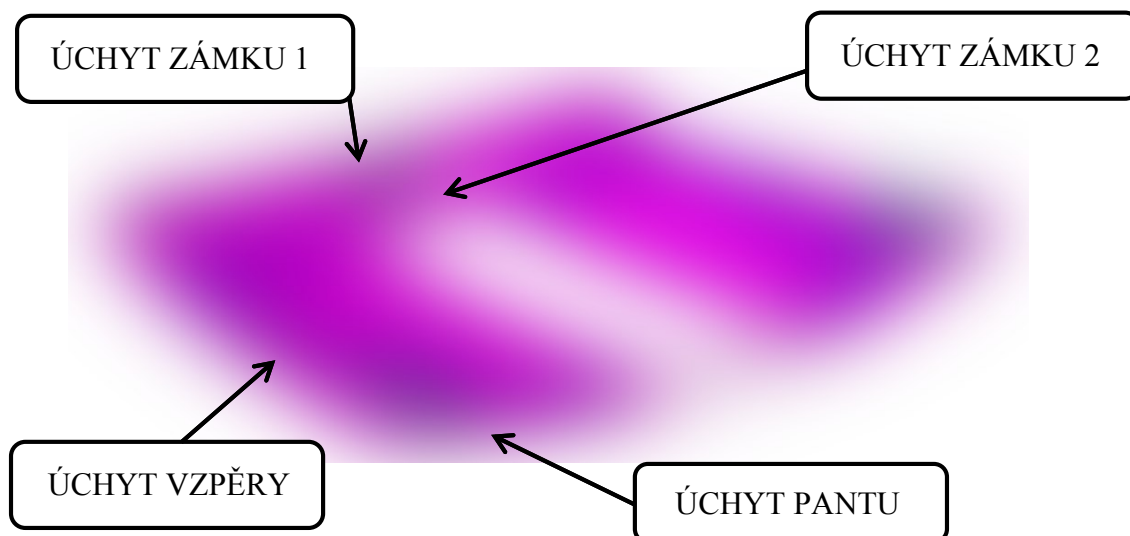
**Návrh výztuhy u zadního kufru**

U modelu zadního kufru bylo potřeba, stejně jak u přední kapoty, navrhnout výztuhu a prvky k uchycení na rám. Po obvodu kufru se nachází kalibrovaná plocha jako dosedací plocha těsnícího profilu, kterým se bylo nutné při umístění výztuhy vyhnout. Na Obr. 5.41 je zobrazena spodní část víka kufru, kde je červenou barvou vyznačena hranice kalibrované plochy.

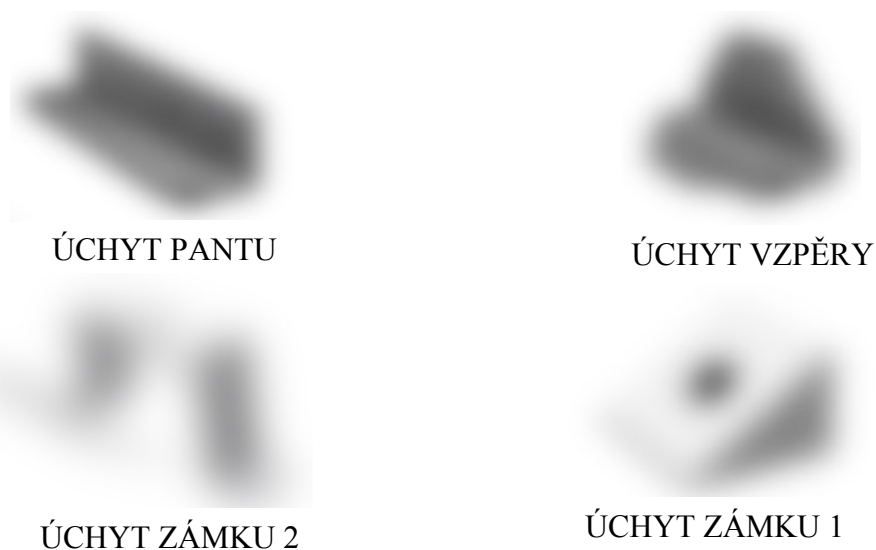


*Obr. 5.41 Zadní kufr s vyznačenou kalibrovanou plochou*

Výztuha zadního kufru šířky 40mm musí zajišťovat dostatečnou tuhost při manipulaci i s otvorem pro zadní okno. Tloušťka je zvolena stejně jak u přední kapoty 5 mm. Kromě výztuhy spodní část zadního kufru obsahuje i plochy pro přilepení pantů a vzpěr.

**Komponenty na zadním kufru***Obr. 5.42 Sestava zadního kufru*

Na modelu zadního kufru jsou přilepeny ocelové prvky pro uchycení pantů, vzpěry a zámku. Jsou umístěny na předem vyrovnané plochy pro přesné ustavení v sestavě. Prvky jsou navrženy z nerezové oceli (17 420).

*Obr. 5.43 Nerezové úchyty zadního kufru***Shrnutí konstrukčního návrhu zadního kufru automobilu**

Na vytvořeném modelu zadního kufru byla navržena výztuha a prostor v okolí zámku. K modelu kufru byly navrženy ocelové úchyty zámku, vzpěry a panty (Obr. 5.43). Ty budou k tělu laminátu přilepeny (Obr. 5.42).



## 5.9 Návrh zadního nárazníku automobilu

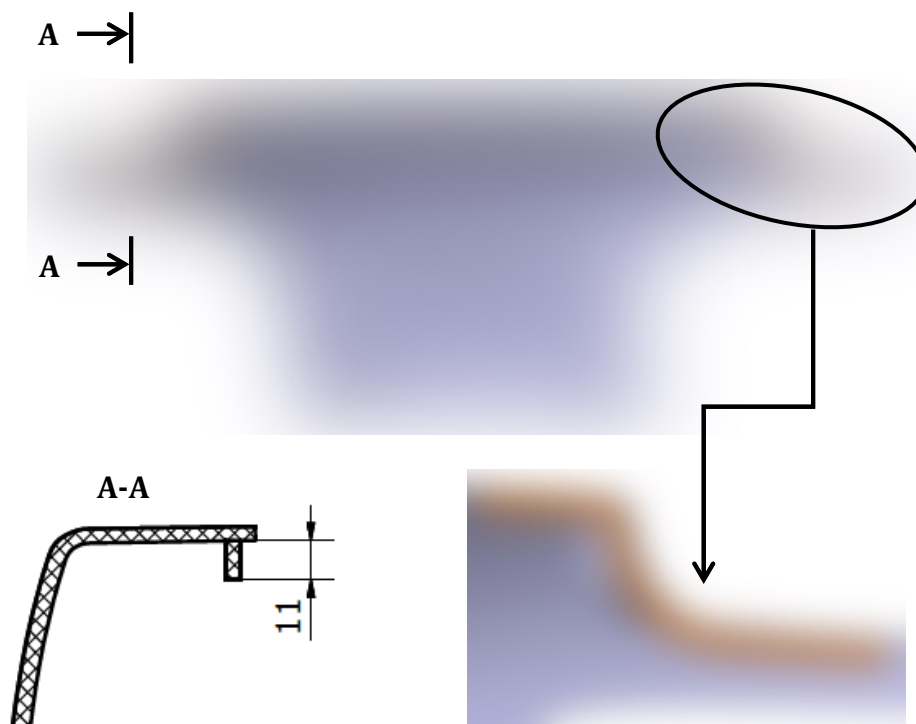
Na zadním nárazníku bylo nutné navrhnout plochu pro státní poznávací značku, otvory pro její osvětlení a plochy pro utěsnění prostoru mezi zadním kufrem.



Obr. 5.44 Zadní nárazník vyznačený v sestavě

### Návrh lišty pro utěsnění

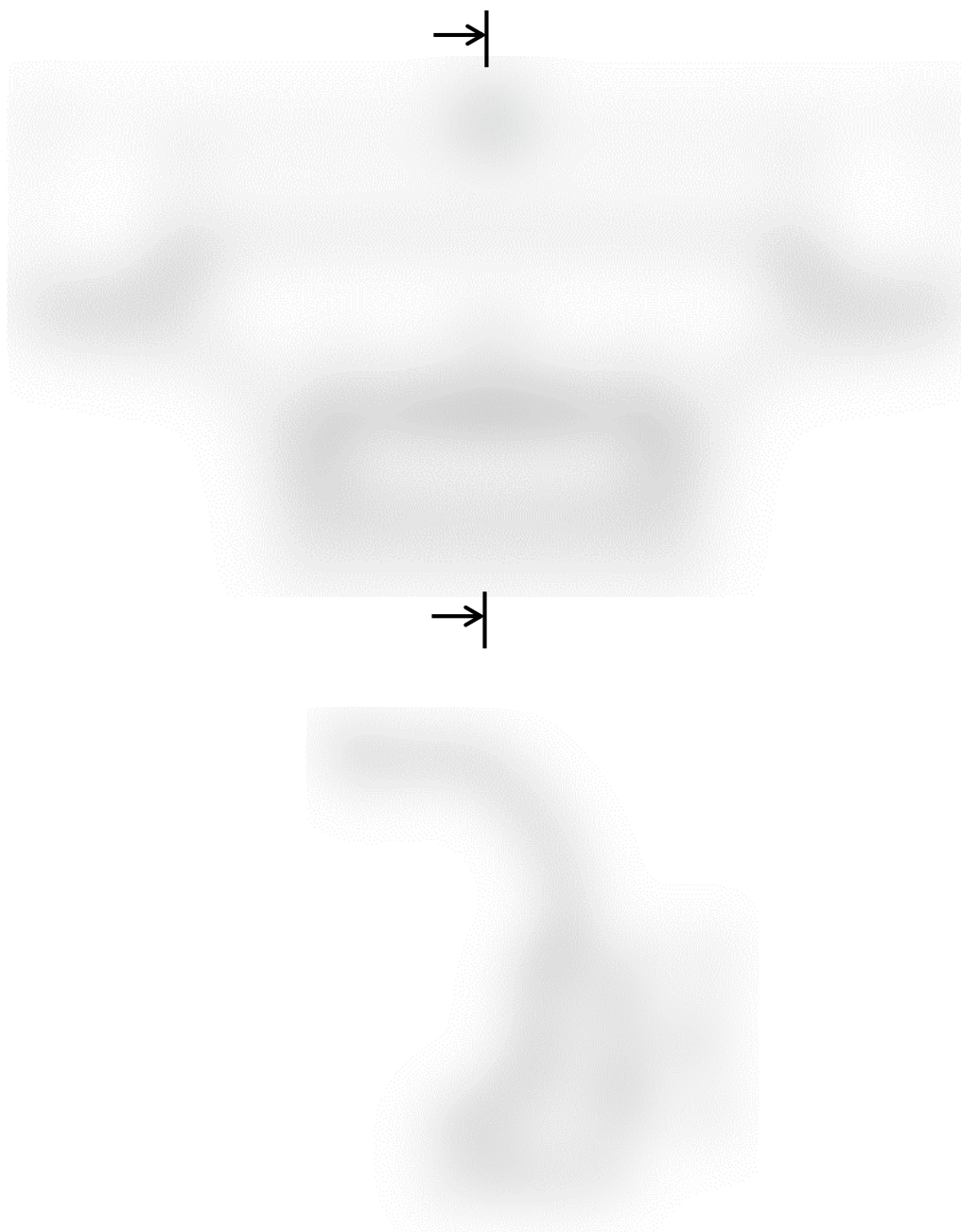
Zadní nárazník po nasazení na rám musí společně se zadní částí bočnice dokonale těsnit. Z toho důvodu byly na vnitřní části zadního nárazníku navrženy lišty, na které bude nalepen těsnicí profil.



Obr. 5.45 Lišta pro utěsnění zadního nárazníku

**Návrh oblasti pro SPZ**

Ve spodní části zadního nárazníku byla navržena plocha pro státní poznávací značku. Její rozměry jsou dány parametry SPZ (520 x 120 mm).



*Obr. 5.46 Návrh oblasti pro SPZ*

Státní poznávací značka musí být osvětlena, z toho důvodu byly v oblasti nad ní umístěny otvory pro zabudování světel a také otvor pro vsazení spínače otevírání kufru.

## 5.10 Návrh předního nárazníku automobilu

Na modelu předního nárazníku bylo nutné navrhnout lištu pro utěsnění prostoru mezi přední kapotou, utěsnění mezi přední částí bočnice a druhou část vzduchovodu. Tvar vycházel z designového návrhu a byly na něm provedeny technologické úpravy.



*Obr. 5.47 Přední nárazník vyznačený v sestavě*

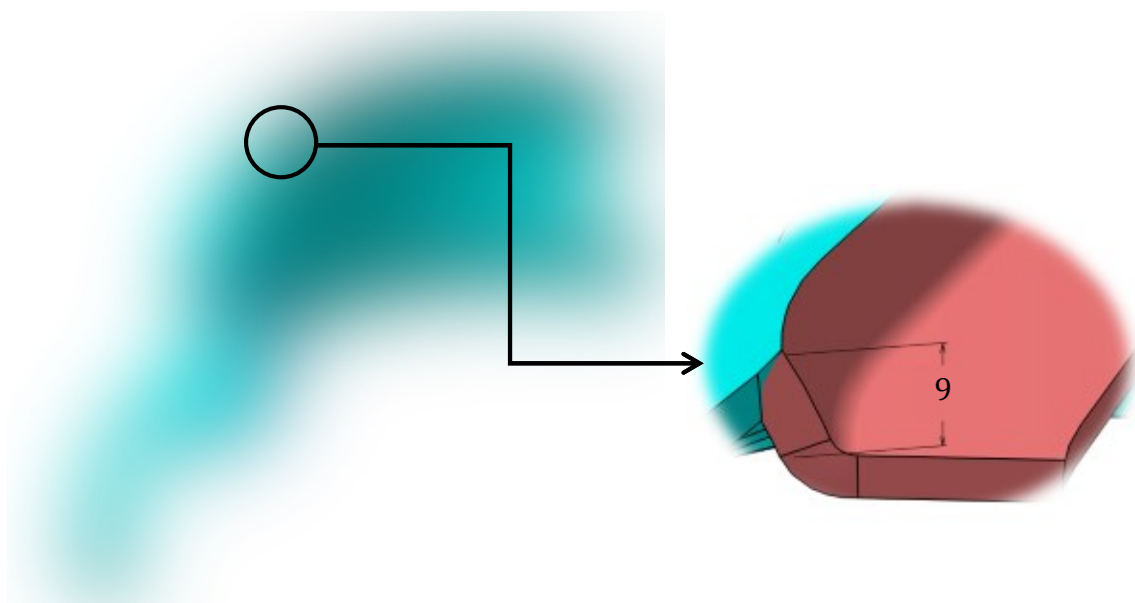
### Návrh lišty pro utěsnění přední kapoty

Přední kapota dosedá na nárazník svou přední částí a v tomto místě bylo třeba navrhnout dosedací lištu.



*Obr. 5.48 Umístění přední kapoty na nárazníku*

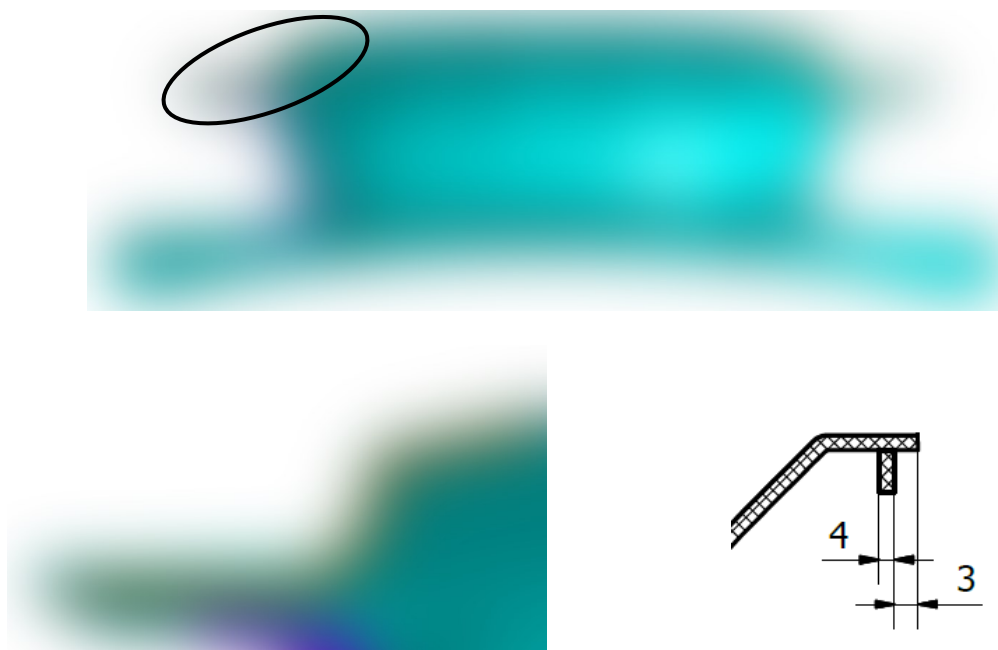
Hloubka lišty je dána tloušťkou přední kapoty a mezerou pro těsnicí profil. Z konstrukčního provedení přední kapoty (4 mm) a požadované mezery pro těsnění (4 mm) a lepení (1 mm) byla zvolena hloubka 9 mm. (Obr. 5.49)



Obr. 5.49 Lišta na předním nárazníku

#### Návrh lišty pro utěsnění předního nárazníku

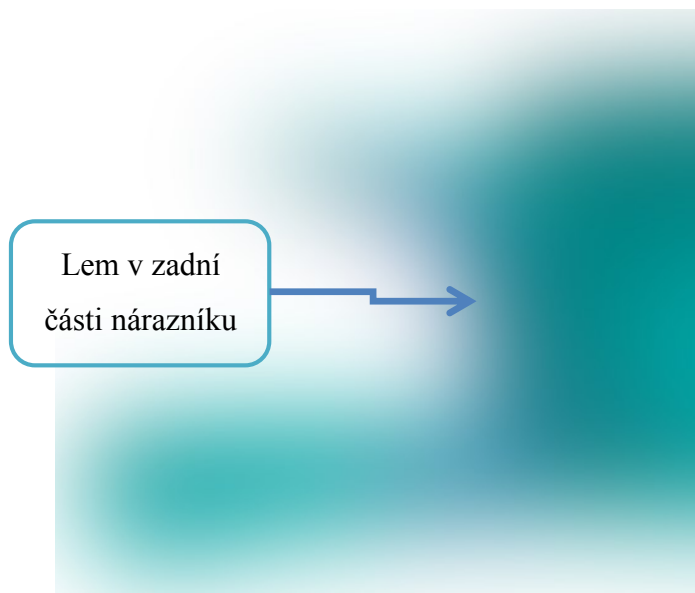
Přední nárazník po nasazení na rám je třeba zatěsnit mezeru mezi přední částí bočnice. Z tohoto důvodu byla na součásti navržena lišta stejně, jak tomu bylo u zadního nárazníku. Její konstrukční provedení je totožné.



Obr. 5.50 Lišta pro utěsnění předního nárazníku

**Návrh vzduchovodu**

U modelu předního nárazníku jsem navrhnul druhou polovinu vzduchovodu. První část byla popsána v kapitole 5.3 na přední části bočnice. Zde jsem na zadní části nárazníku navrhnul lištu pro připevnění mřížky.



*Obr. 5.51 Lem na vzduchovodu*

## 5.11 Návrh dveří automobilu

Dveře bylo nutné z konstrukčních důvodů rozdělit na dvě základní části a to vnější a vnitřní laminát. Tyto dva komponenty se zpracují a vyrobí samostatně a následně se slepí do jednoho celku. Výsledkem bude skříňová konstrukce, která přináší výhodu vyšší tuhosti a prostor k umístění funkčních komponentu do vnitřní části dveří.



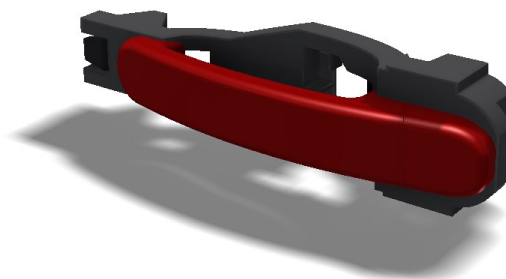
Obr. 5.52 Dveře vyznačené v sestavě

### Vnější laminát

Vnější laminát vychází z designového návrhu a byl opatřen kapsou pro kliku a obrubou z čelní a spodní části vnějšího laminátu. Po pohledových úpravách bylo třeba vnitřní stranu laminátu vybavit úchyty a výztuhami, které budou nést vnitřní vybavení dveří a těsnění bočního okna.

#### Kapsa pro kliku:

Poloha kliky je určena umístěním uzamykacího mechanismu. Mechanismus s klikou je převzatý z automobilu Škoda Octavia II (Obr. 5.53). Polohu komponentů a umístění kapsy pro kliku řešil ve své bakalářské práci Michal Hudec. [13]



Obr. 5.53 Klika ze Škody Octavia II

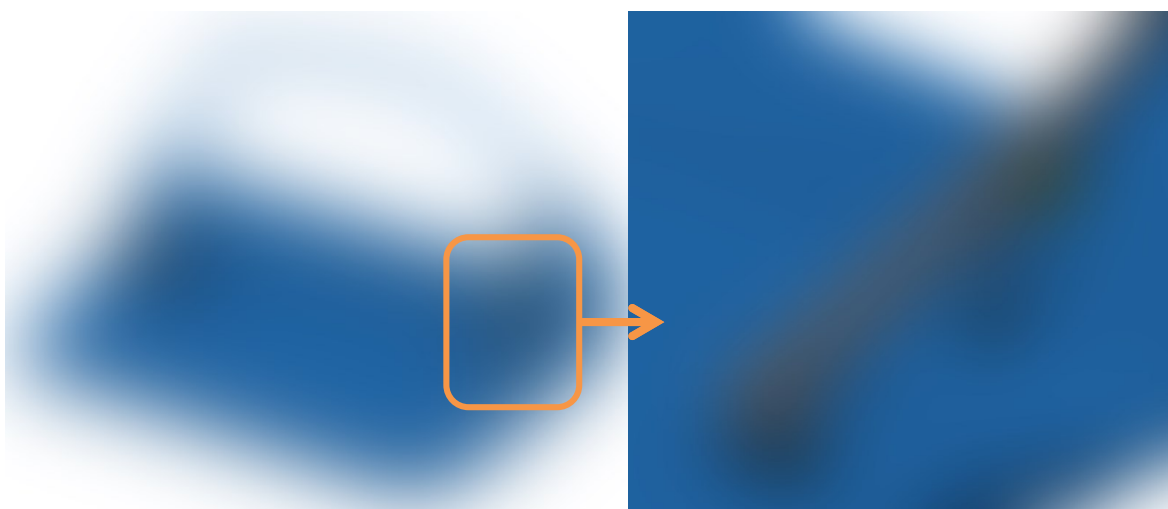
Při návrhu prostoru kliky byla využita i technologie 3D tisku. Pro odzkoušení ergonomie kliky v kapse jsem si nechal vytisknout několik zpracovaných návrhů kapsy a zvolil ten nejvhodnější tvar. Na Obr. 5.54 je fotografie plastové makety zvoleného profilu kapsy.



Obr. 5.54 Maketa kapsy pro kliku

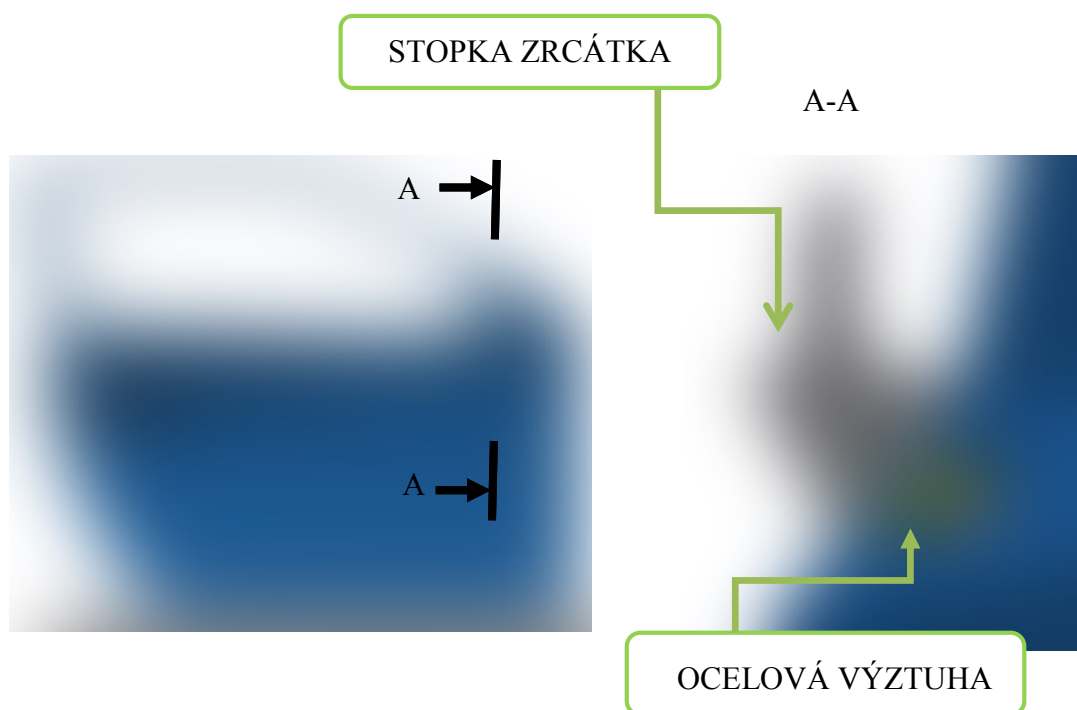
#### **Návrh úchytů a výztuh:**

Na vnitřní straně laminátu je nutné uchytit vodící lištu pro vysouvání bočního skla. Tato lišta je uchycena dvěma maticovými kotevními úchyty a šrouby.



Obr. 5.55 Uchycení vodící lišty do dveří

Na vnější ploše laminátu bude uchyceno zrcátko. K jeho uchycení byla navržena ocelová stopka. Na Obr. 5.56 je zobrazeno uchycení stopky na vnějším laminátu.



Obr. 5.56 Uchycení zpětného zrcátka

### Shrnutí konstrukčního návrhu vnějšího laminátu dveří

Profil dveří byl vytvořen na základě designové studie a byl vybaven kapsou pro kliku, lemy pro těsnění a uchycením zrcátka a vodící lišty bočního skla.



Obr. 5.57 Vnější laminát dveří



**Vnitřní laminát**

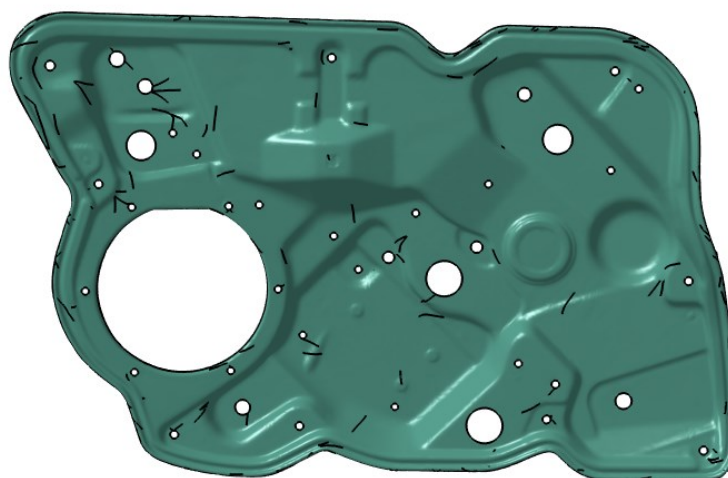
Koncept vnitřního laminátu vychází z bakalářské práce Michala Hudce. Návrh byl v této fázi dopracován a technologicky upraven. Na součásti bylo nutné navrhnout ustavení převzatých dílů ze Škody Octavia II a zabudování výztuh a úchytů.



*Obr. 5.58 Vnitřní laminát*

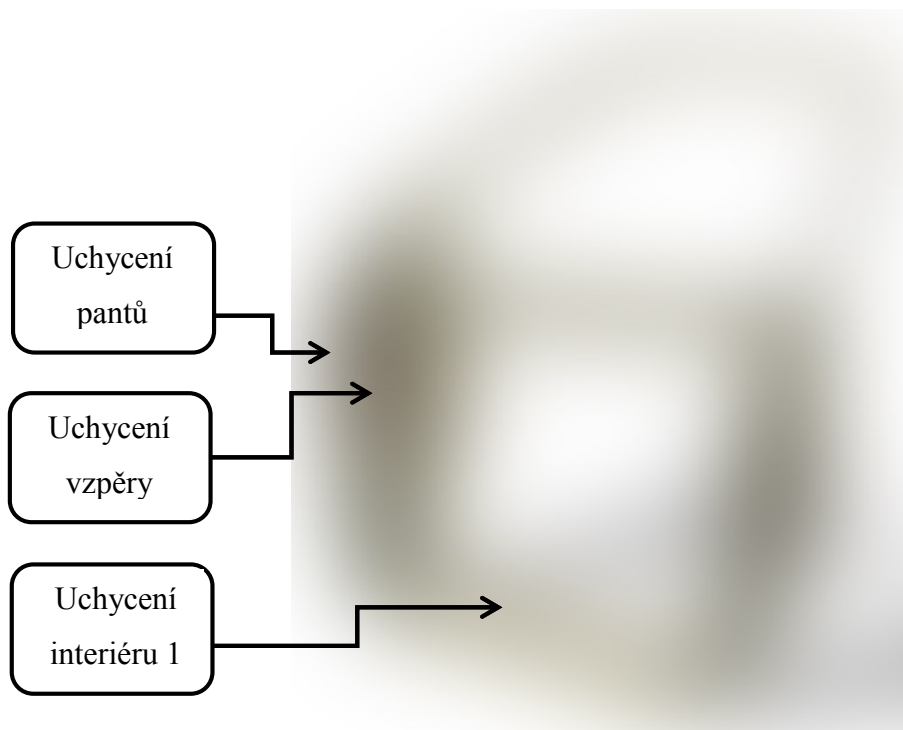
**Návrh úchytů převzatých dílů:**

Na vnitřní části laminátu jsou navrženy úchyty pro nosný plech stahovacího mechanismu. Souřadnice úchytů byly stanoveny z 3D modelu nosného plechu ze Škody Octavia II. Data byly získány technologií 3D Skenováním. Na Obr. 5.59 je zobrazen naskenovaný plech. K jeho naskenování byl využit přístroj HandyScan.



*Obr. 5.59 Plech stahovacího mechanismu*

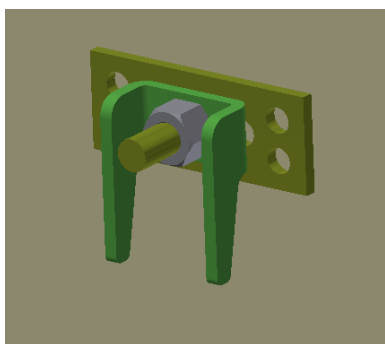
Na vnitřní laminát dveří bude připevněna většina komponentů stahovacího a uzamykacího mechanismu dveří. Pro tyto komponenty bylo nutné na tělese laminátu navrhnout úchyty. Hlavním prvkem k uchycení na vnitřní část laminátu je plech stahovacího mechanismu (Obr. 5.59).



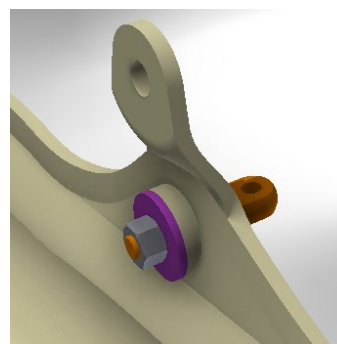
Obr. 5.60 Úchyty na vnitřním laminátu 1

### Uchycení interiéru

Na vnější straně laminátu bude uchycen interiér dveří. Pro jeho uchycení jsou navrženy dva mechanismy. První částí uchycení interiéru jsou háčky rozmístěné po boční ploše vnitřního laminátu. Druhou částí uchycení interiéru jsou dva úchyty ve spodní části laminátu, které po dotažení šrouby zajistí pevné uchycení interiéru na háčcích.



Obr. 5.61 Háček pro uchycení interiéru

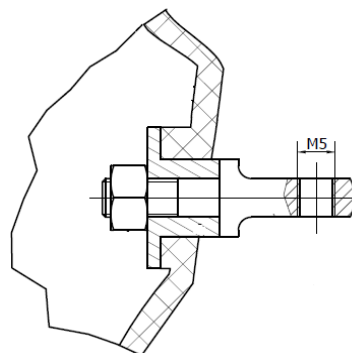


Obr. 5.62 Spodní úchyt interiéru

První část uchycení interiéru se skládá ze šroubového úchyty (Obr. 5.63) a háčku, který je zajištěn maticí. Druhá část úchyty je připevněna k vnitřnímu laminátu v nerezovém pouzdře a zajištěna maticí. Ocelové pouzdro zajišťuje pevný podklad na laminátu a možnost pevného dotažení (Obr. 5.64).



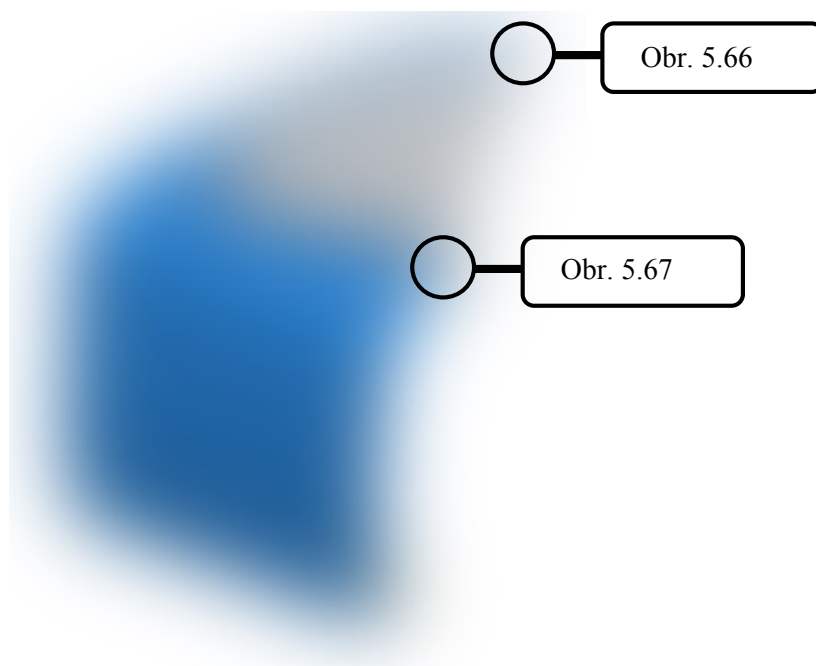
Obr. 5.63 Šroubový úchyt [11]



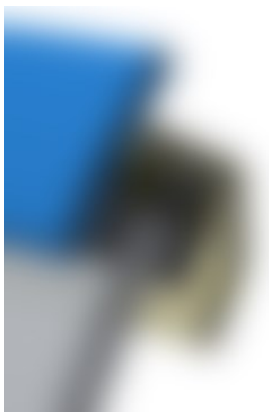
Obr. 5.64 Zajištění druhého úchyty

### Utěsnění bočního stahovacího okna

U bočních dveří je nutné utěsnit zásuvné okno. Za tím účelem jsem navrhnul dva druhy těsnění, které utěsní horní i spodní prostor mezi sklem a tělem dveří. Na Obr. 5.65 je zobrazen řez levými dveřmi, kde je vyznačeno umístění obou druhů těsnění.



Obr. 5.65 Řez levými dveřmi



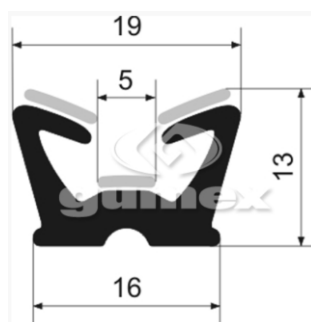
Obr. 5.66 Horní těsnění okna



Obr. 5.67 Spodní těsnění okna

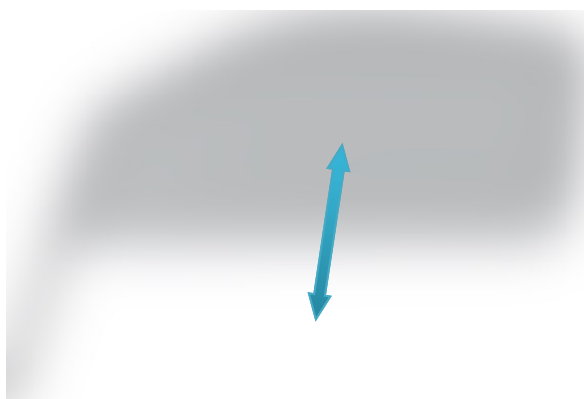
### Utěsnění horní části bočního skla

Pro zasunutí horního okraje skla do dveří bylo vybráno z katalogu těsnících profilů pryžové těsnění se sametkou (Obr. 5.68). Těsnění je vsazeno do dveří mezi vnější a vnitřní laminát dveří kde je přilepeno. Na Obr. 5.66 je zobrazen řez horní částí dveří s vloženým těsnícím profilem.



Obr. 5.68 Těsnící profil se sametkou [10]

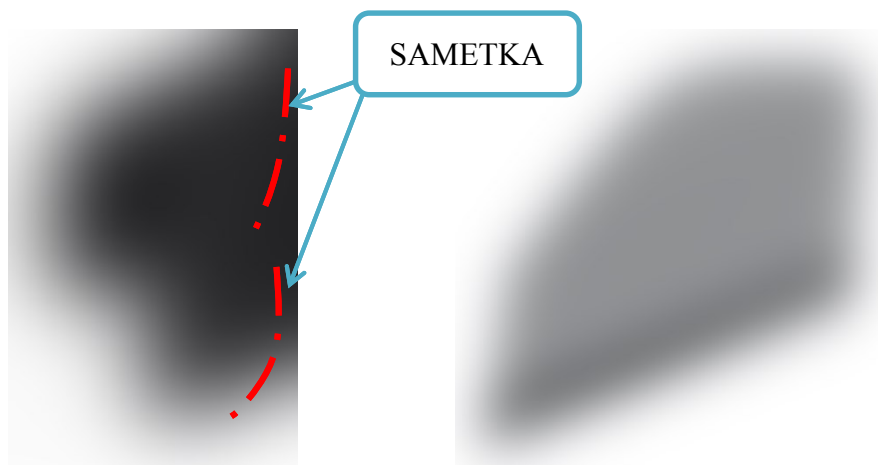
Profil těsnění je umístěn v konstrukci dveří tak, aby sloužil i jako vedení vysouvacího skla.



Obr. 5.69 Zasouvání bočního skla do těsnění

### Utěsnění spodní části bočního skla

Ve spodní části je navrženo stírací těsnění pro boční sklo. Je nasazeno na vnitřním a vnějším laminátu dveří (Obr. 5.67) a mezi sebou svírá boční sklo. Profil těsnění je navržen a vyroben na míru.

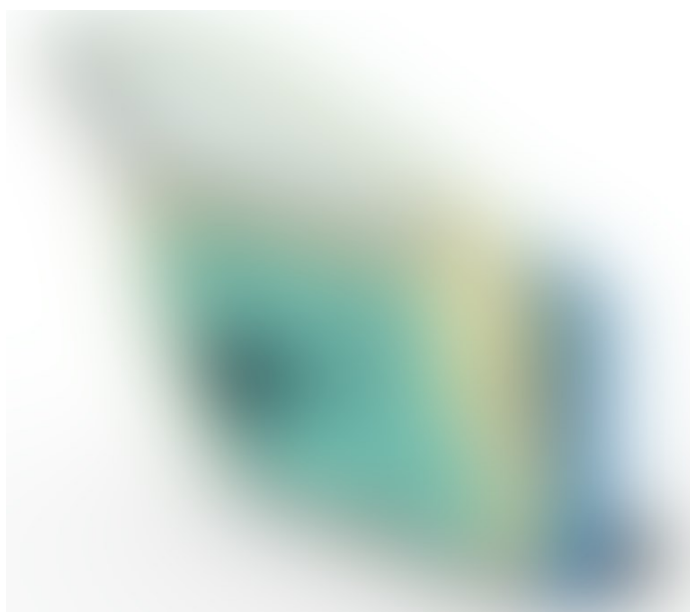


Obr. 5.70 Stírací těsnění

Obr. 5.71 Stírací těsnění na bočním skle

### Shrnutí konstrukčního návrhu vnitřního laminátu dveří

Při návrhu vnitřního laminátu jsem vycházel z konceptu, který vypracoval Michal Hudec ve své bakalářské práci [13]. Ten obsahoval schéma vnitřního laminátu podle předlohy dveří ze Škody Octavia II. Na modelu jsem navrhnul dosedací plochy pro těsnění, úchyty pro ustavení nosného plechu stahovacího mechanismu a úchyty interiéru. Nakonec byl navržen systém utěsnění zásuvného bočního skla.



Obr. 5.72 Levé dveře

## 6 NÁVRH UCHYCENÍ KAROSERIE K RÁMU

V této kapitole je popsán návrh systému uchycení laminátových dílů karoserie k ocelovému rámu automobilu. K uchycení byly zvoleny kotvící prvky od firmy Bokatech, které se pro uchycení laminátů běžně používají (Obr. 6.1 a 6.2).



Obr. 6.1 Kotvící šroub [11]



Obr. 6.2 Kotvící matice [11]

Kotvící prvky se upevní k tělesu laminátu lepeným spojem, nebo budou zalaminovány k tělu karoserie. V další kapitole bude proveden výpočet lepeného spoje, který ponese zatížení od těla karoserie.

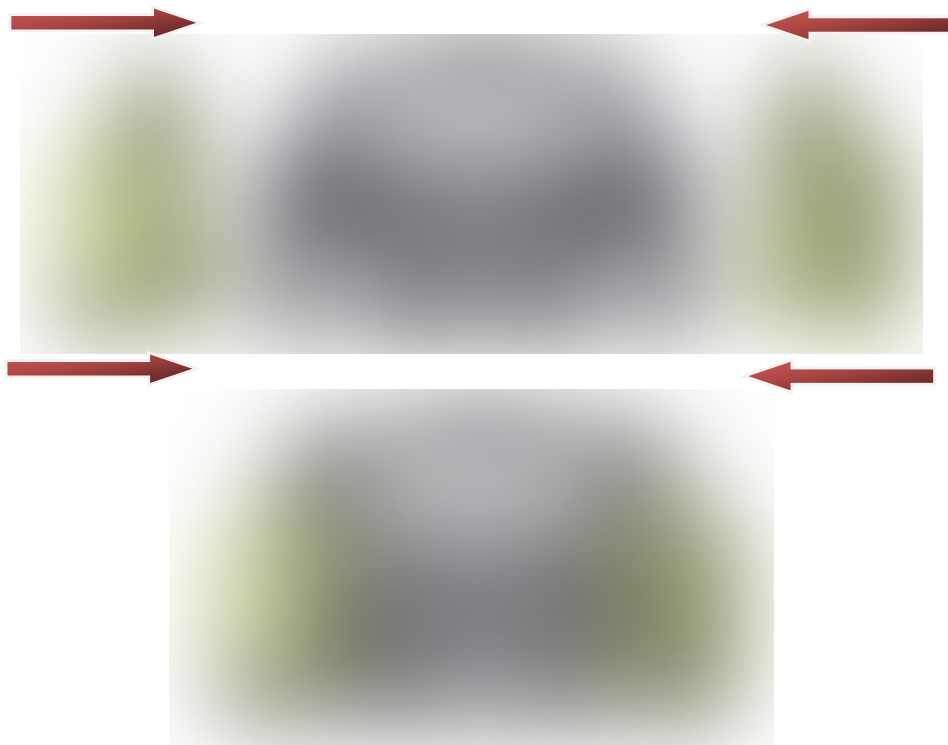
Na Obr. 6.3 je zobrazen ocelový rám, na kterém budou laminátové díly připevněny. Po nasazení všech dílů karoserie a zvolení pozice úchyťů byly na rám navařeny úchyty, které jsou již na obrázku níže zobrazeny.



Obr. 6.3 Ocelový rám s úchyty

## 6.1 Kotvící prvky na bočnici

Na rám se nejdříve připevní bočnice. Směr nasazení je znázorněn na Obr. 6.4 šipkami. V tomto směru byly na tělo laminátu také přilepeny ocelové úchyty (Obr. 6.1).

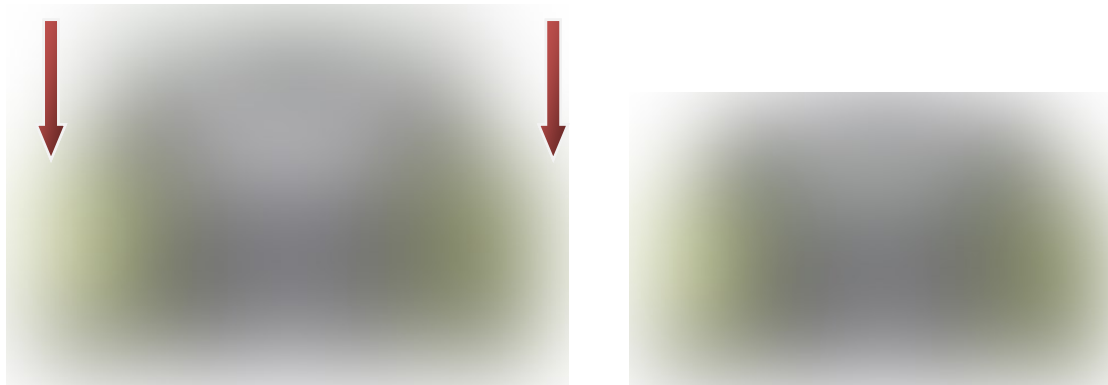


*Obr. 6.4 Postup montáže bočnic na rám*

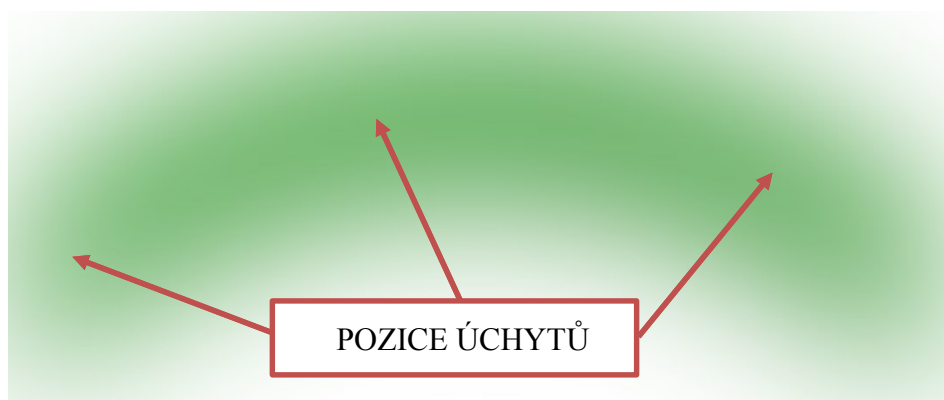
Pozice úchytů karoserie byla zvolena podle navržené konstrukce rámu s ohledem na postup montáže bočnice na rám. Pozice úchytů je zobrazena v příloze B. Na Obr. B1 jsou vyznačeny rovinné plochy pro uchycení kotvících prvků karoserie.

## 6.2 Kotvící prvky na žlabu pro stěrače

Na tělese laminátu žlabu pro stěrače bylo stejně jako u bočnice nutné navrhnout ukotvení k rámu. Orientace kotvících prvků byla zvolena podle postupu montáže žlabu na ocelový rám (Obr. 6.5).

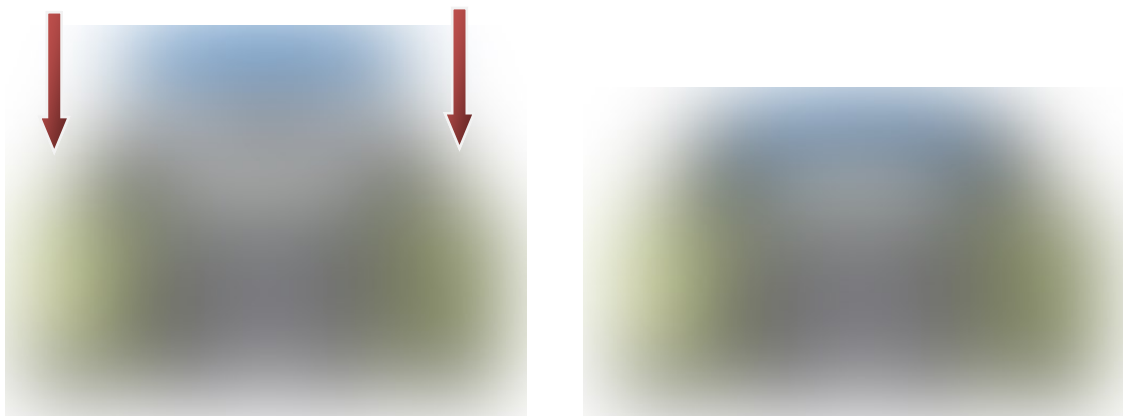
*Obr. 6.5 Postup montáže žlabu pro stěrač*

Pro samotné ukotvení byly zvoleny kotvící šrouby (Obr. 6.1), které jsou přilepeny k tělesu laminátu. Na Obr. 6.6 jsou vyznačeny pozice úchytů.

*Obr. 6.6 Pozice úchytu na tělese laminátu žlabu*

### 6.3 Kotvící prvky na střeše

Rozmístění úchytů na modelu střechy je popsáno na Obr. 6.8. Samotná střecha se pak nasadí seshora mezi bočnice. Typ úchytu byl opět zvolen šroub (Obr. 6.1)

*Obr. 6.7 Postup montáže střechy*



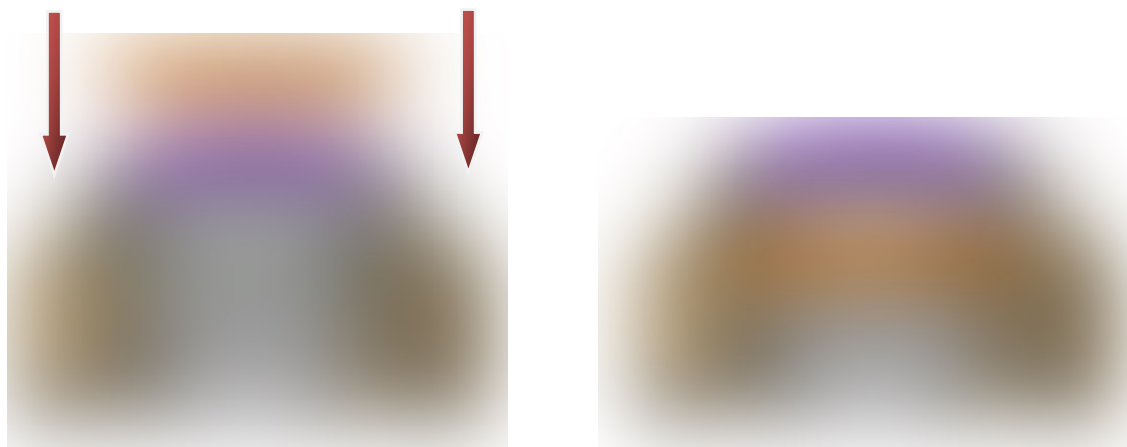
Pozice a počet úchytů u všech částí karoserie byl volen podle předpokládané tuhosti uchycení k rámu. Na Obr. 6.8 je zobrazeno rozmístění úchytů na střeše, kde byly pro přilepení úchytů navrženy rovinné plochy (viz. det. B).



*Obr. 6.8 Rozmístění úchytu na tělese střechy*

#### **6.4 Kotvící prvky na přední kapotě**

Model přední kapoty, neobsahuje žádné kotvící prvky k ocelovému rámu, ale pouze úchyty k pantům a oko zámku, které byly popsány v kapitole 5.6. Postup montáže je naznačen na Obr. 6.9.



*Obr. 6.9 Postup montáže přední kapoty*

## 6.5 Kotvící prvky na předním nárazníku

Na tělese předního nárazníku byly navrženy rovinné plochy pro přilepení kotvících prvků v takové poloze, aby díl byl snadno nasazen na ocelový rám a šrouby zafixován. Postup montáže je zobrazen na Obr. 6.10



*Obr. 6.10 Postup montáže předního nárazníku*

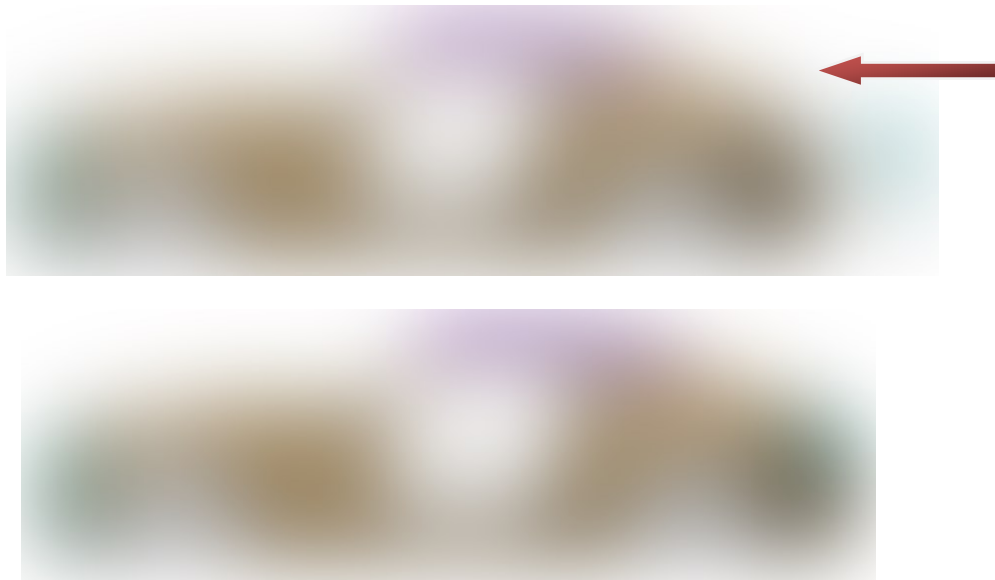
Na Obr. 6.11 jsou vyznačeny polohy úchyty k připevnění předního nárazníku na rám. Poloha byla navržena vzhledem umístění chladiče na přední části rámu.



*Obr. 6.11 Pozice úchytů na předním nárazníku*

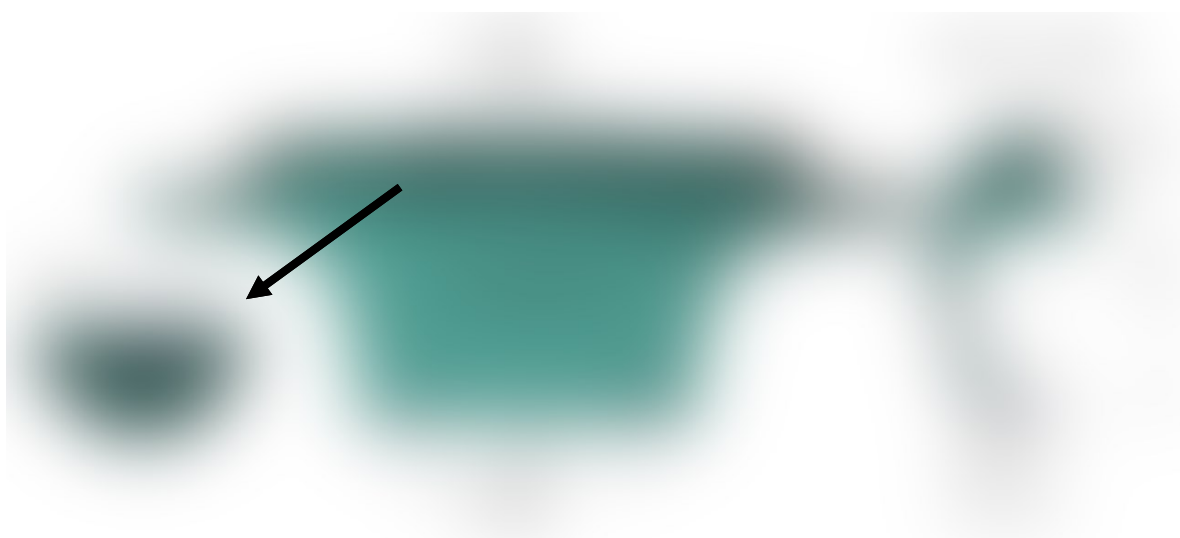
## 6.6 Kotvící prvky na zadním nárazníku

Obdobně jako u předního nárazníku byly i zde navrženy plochy pro umístění kotevních úchyty. Orientace ustavení kotvících prvků vycházela ze způsobu montáže tělesa na ocelový rám.



*Obr. 6.12 Postup montáže zadního nárazníku*

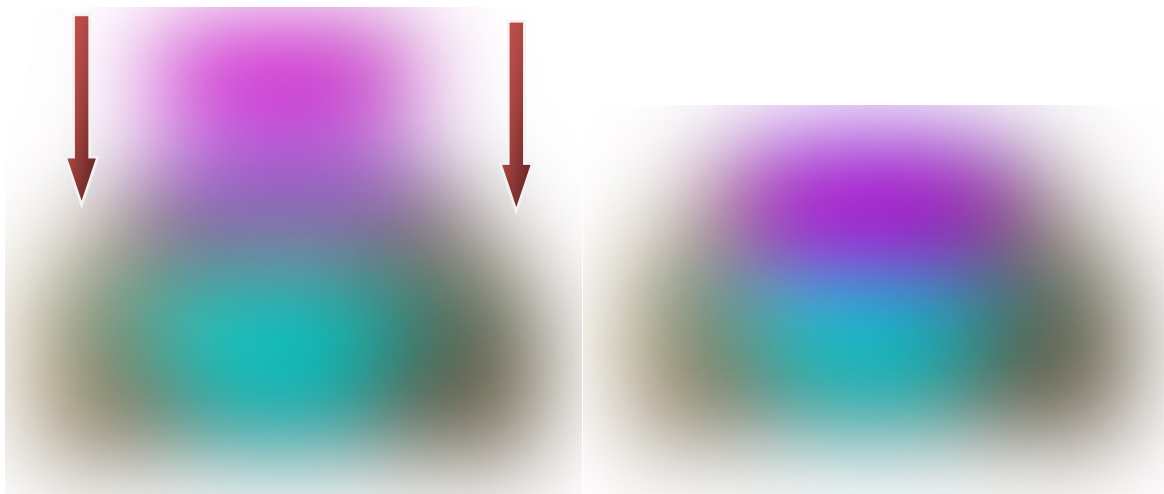
Rozmístění úchyťů na zadním nárazníku je zobrazeno na Obr. 6.13. Zde byly navrženy dva horizontální úchyty ve spodní části nárazníku a dva úchyty vertikální v oblasti kolem zámku kufru. Tato kombinace byla zvolena z důvodu zvýšení tuhosti v oblasti zámku.



*Obr. 6.13 Umístění úchyťů na zadním nárazníku*

## 6.7 Kotvící prvky na zadním kufru

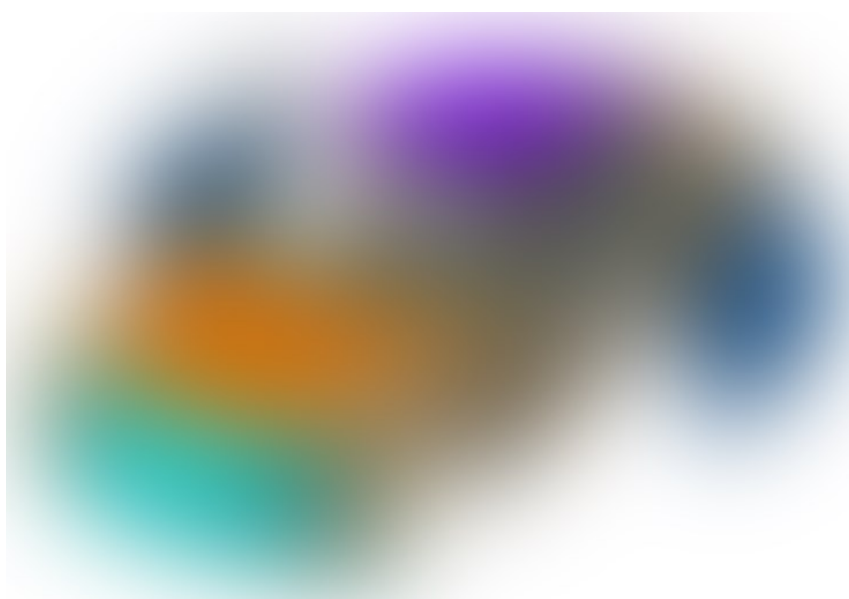
Zadní kufr neobsahuje žádné pevné kotvící prvky, ale jen úchyty pro připevnění k pantům. Návrh a popis úchytů pantů a vzpěr byl popsán v kapitole 5.7.



*Obr. 6.14 Postup montáže zadního kufru*

## 6.8 Uchycení dveří

Sestavené dveře opatřené panty se nasadí na pant uchycený k rámu automobilu a napojí se aretační vzpěra. Systém uchycení dveří je zobrazen v příloze A.



*Obr. 6.15 Postup montáže dveří*

## 7 TECHNICKÉ VÝPOČTY A ANALÝZY

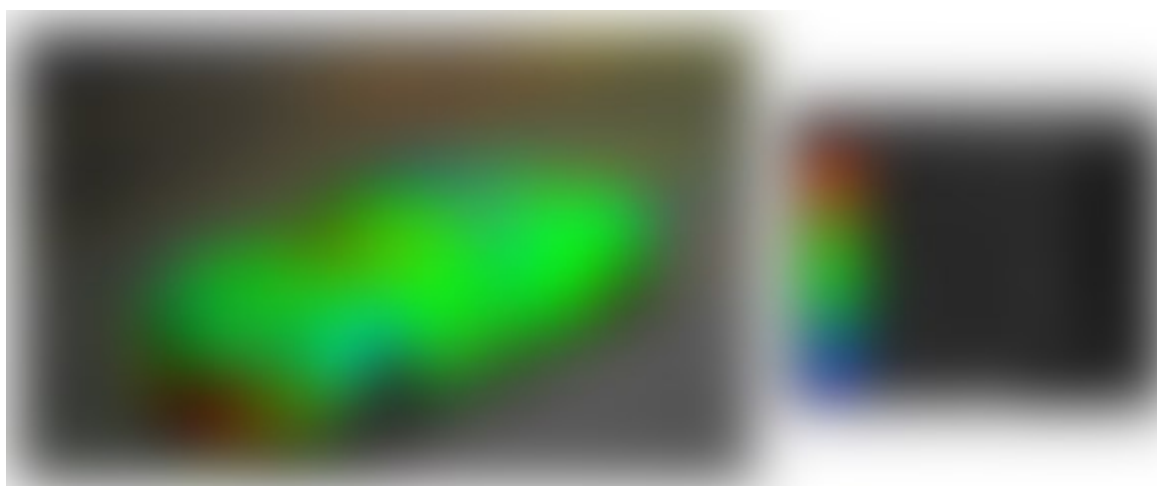
V této kapitole se budu zabývat technickými výpočty některých komponentů, které především slouží k uchycení karoserie na rám. Pomocí MKP výpočtů provedu aerodynamickou analýzu navržené karoserie.

### 7.1 Aerodynamická analýza

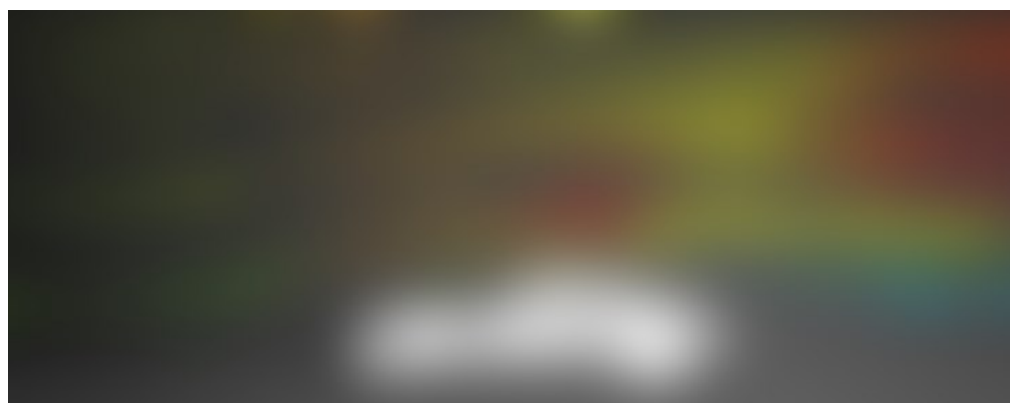
K výpočtu aerodynamické analýzy jsem použil program Autodesk Flow Design, který slouží k simulaci proudění kolem předmětu ve větrném tunelu.

Simulaci jsem provedl pro rychlosti 50 Km/hod (14 m/s) a 162Km/hod (45m/s).

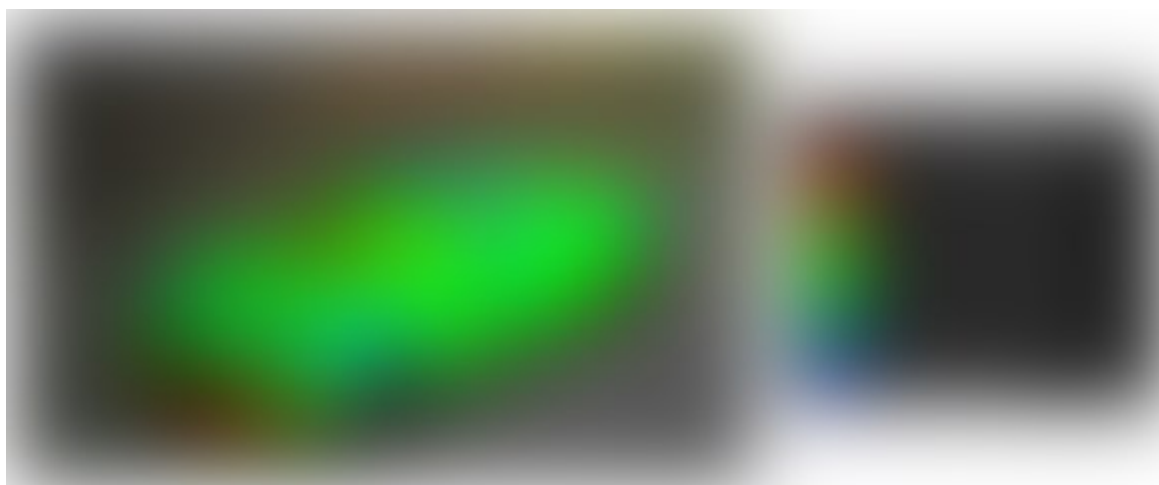
#### Simulace při rychlosti 30 m/s



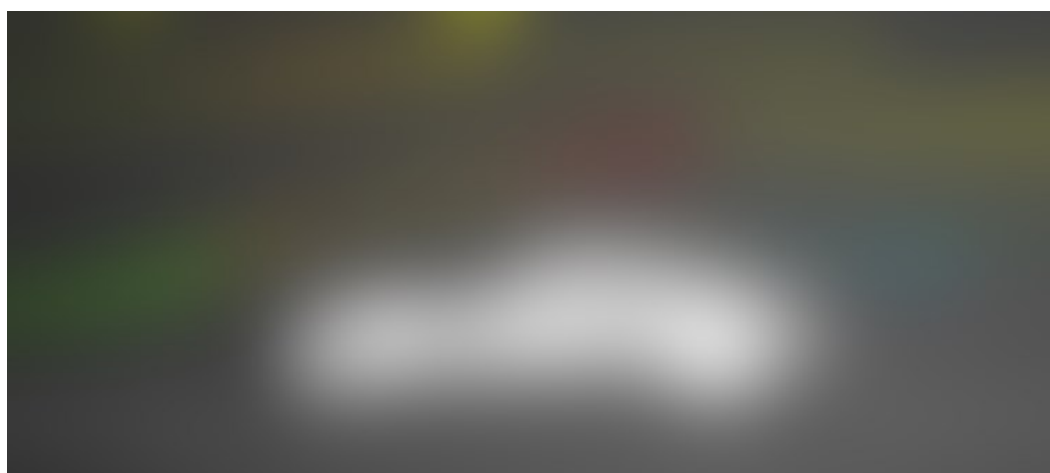
*Obr. 7.1 Simulace pro 108 Km/hod (izometrický pohled)*



*Obr. 7.2 Simulace pro 108 Km/hod (pohled z boku)*

**Simulace při rychlosti 45 m/s**

*Obr. 7.3 Simulace pro 162 Km/hod (izometrický pohled)*



*Obr. 7.4 Simulace pro 162 Km/hod (pohled z boku)*

Pro tuto rychlost dále provedu pevnostní výpočet úchyťů karoserie. Z analýzy na Obr. 7.3 vyplývá, že nejvíce bude zatížený přední nárazník, na který působí největší aerodynamický tlak  $p_A=1176,268$  Pa.

## 7.2 Kontrola úchytů karoserie u předního nárazníku

Podle navržených úchytů karoserie jsem provedl pevnostní výpočet lepeného spoje úchytů. Z aerodynamické analýzy v kapitole 7.1 jsem zjistil tlak působící na spodní část předního nárazníku a spočetl zatěžující sílu.

$$F_A = p_A \cdot S_N \quad (7.1)$$

$$F_A = 1176,2 \cdot 0,125$$

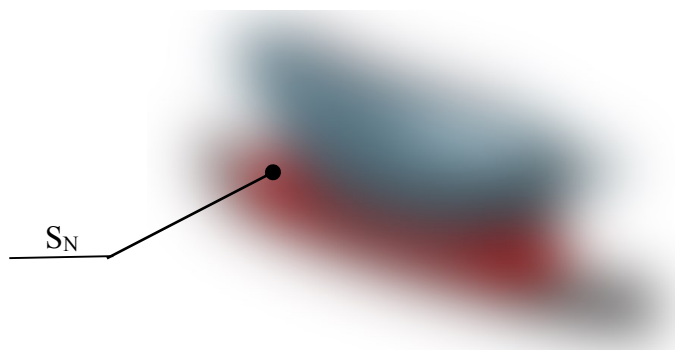
$$F_A = \underline{\underline{147,025 \text{ N}}}$$

Kde:

$p_A$  ... Aerodynamický tlak působící na nárazník ( $p_a = 1176,268 \text{ Pa}$ )

$S_N$  ... Plocha spodní části předního nárazníku ( $S_N = 0,125 \text{ m}^2$ )

$F_A$  ... Síla vyvolaná na předním nárazníku



Obr. 7.5 Plocha spodní části předního nárazníku

### Výpočet lepeného spoje:

V kapitole 6.5 zabývající se návrhem úchytu předního nárazníku bylo navrženo umístění a počet úchytů karoserie k rámu vozidla. Pro tyto úchyty je třeba provést kontrolní výpočet lepeného spoje.

$$\tau = \frac{F_A + G}{S_c} \leq \frac{\tau_D}{n_D} \quad (7.2)$$

Kde:

$G$  ... Tíha předního nárazníku

$S_c$  ... Součet lepených ploch pod úchyty

$\tau_D$  ... Dovolené smykové napětí lepidla ( $\tau_D = 7 \text{ MPa}$ )

$n_D$  ... Korekční součinitel zohledňující nestandartní zatížení;  $n_D = (3 \div 4)$

Celková plocha lepeného spoje je určena součtem lepených ploch jednotlivých úchytů.

$$S_C = i \cdot \frac{\pi \cdot D_U^2}{4} \quad (7.3)$$

$$S_C = 6 \cdot \frac{\pi \cdot 0,030^2}{4}$$

$$S_C = \underline{0,00424 \text{ m}^2}$$



Obr. 7.6 Vyznačené lepené plochy

$$G = m_N \cdot g \quad (7.4)$$

$$G = 5,9 \cdot 9,81$$

$$G = 57,87 \text{ N}$$

Kde:

$m_N$  ... hmotnost předního nárazníku ( $m_N = 5,9 \text{ Kg}$ )

$i$  ... počet úchytu na předním nárazníku ( $i = 6$ )

$D_U$  ... průměr podstavy úchytu ( $D_u = 30 \text{ mm}$ )

$g$  ... gravitační zrychlení

$$\tau = \frac{F_A + G}{S_C} \leq \frac{\tau_D}{n_D}$$

$$\frac{147,025 + 57,87}{0,00424} \leq \frac{7}{4}$$

$$\underline{48324,3 \text{ Pa} \leq 1,75 \text{ MPa} \dots 0,0483 \leq 1,75 \rightarrow \underline{\underline{\text{VYHOVUJE}}}}$$



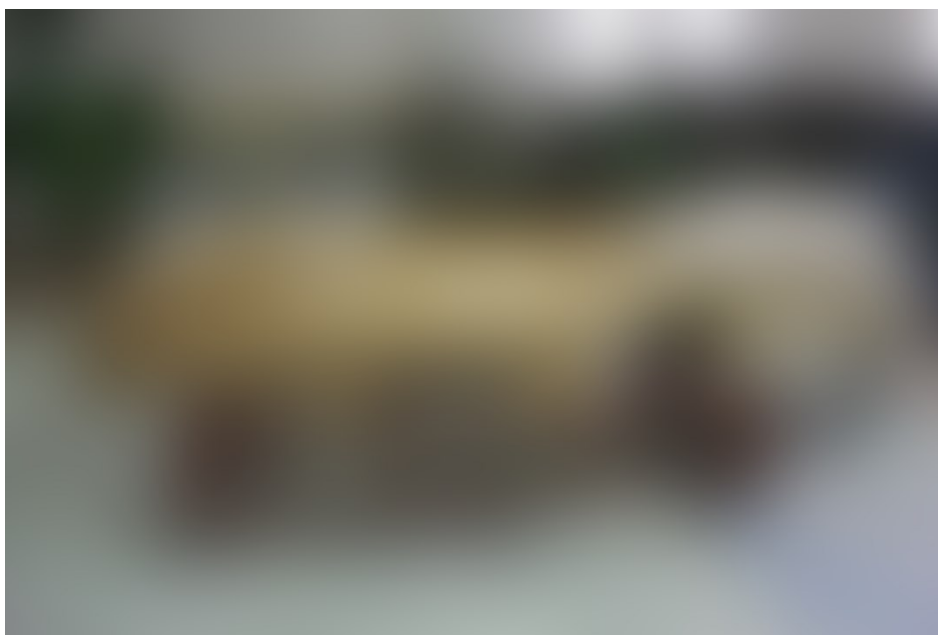
## 8 FORMY PRO VÝROBU LAMINÁTU

Po navržení všech dílů karoserie byly vytvořeny 3D data forem pro jejich CNC výrobu. Pro prototypovou výrobu byly navrženy jedno a vícedílné formy bez protikusu. Na obrázcích níže je uveden návrh a výroba formy bočnice karoserie, zbylé jsou zobrazeny v příloze C.



*Obr. 8.1 3D data modelu na výrobu bočnice*

U složitého modelu jakou je bočnice, byl nejdříve vyroben model vnější plochy a následně byla sejmuta vícedílná laminátová negativní forma.



*Obr. 8.2 Výroba modelu bočnice*

## **ZÁVĚR**

V mé diplomové práci jsem řešil konstrukční realizaci designového návrhu karoserie automobilu. Tuto problematiku jsem řešil v rámci projektu StudenCar, který se věnuje stavbě automobilů již od roku 2006.

Vstupními parametry pro mou diplomovou práci byla designová studie karoserie automobilu a požadovaná technologie výroby. Podle těchto parametrů jsem provedl segmentaci jednotlivých dílů karoserie. Ty jsem následně jednotlivě zpracoval. Při realizaci návrhu jsem provedl na jednotlivých částech karoserie konstrukční úpravy zajišťující jejich funkčnost, pevnost a vzájemné sestavení na ocelový rám. Vytvořil jsem 3D data potřebná k výrobě forem a následného vytvoření laminátových dílů karoserie. Konstrukční složitosti a požadavky na výrobu byly zaneseny do výrobní dokumentace, která byla následně poskytnuta pro fázi lepení ocelových úchyťů, zálisku a úpravu nepohledových ploch karoserie.

V diplomové práci jsem dále zpracoval simulaci proudění vzduchu kolem navrženého vnějšího tvaru automobilu a pevnostní výpočty lepených spojů. Při výpočtech jsem vycházel z výsledků aerodynamické analýzy, která působí na jednotlivé díly tlakem proudícího vzduchu a vlastní hmotností laminátových dílů. Analýzou jsem zjistil nekritičtější místo karoserie, kde jsem provedl pevnostní výpočet lepených spojů.

Po navržení všech dat pro výrobu forem byly jednotlivé díly vyrobeny a sestaveny na rám automobilu. V současné době je karoserie již vyrobena a pracuji na návrhu interiéru.

Výsledků bylo dosaženo díky finanční podpoře z projektu TA01030430 - Aplikovaný výzkum a vývoj směrem ke zvýšení bezpečnosti vozidel s elektropohonem- elektromobilů a snižování jejich negativních vlivů na životní prostředí. (2011-2014, TA0/TA)

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY:**

- [1] *StudentCar* [online]. 2006 [cit. 2014-05-11]. Dostupné z: [www.studentcar.cz](http://www.studentcar.cz)
- [2] Stavba karoserii. In: *Moodle2.voskop.eu* [online]. 2012 [cit. 2014-05-06]. Dostupné z: [http://moodle2.voskop.eu/download/teu/U27\\_Stavba\\_karoserii\\_a\\_skrini.pdf](http://moodle2.voskop.eu/download/teu/U27_Stavba_karoserii_a_skrini.pdf)
- [3] NĚMEČEK, Pavel. *Karoserie a rámy motorových vozidel*. Liberec, 2010. Učební text. Technická Univerzita
- [4] *LUDECO* [online]. 2008 [cit. 2014-05-06]. Dostupné z: <http://ludeco.blog.cz/0803/typy-karoserii-osobnich-automobilu>
- [5] EHRENSTEIN, W. G. *Polymerní kompozitní materiály*. 1. vydání. Praha: Scientia, 2009. 351 s. ISBN 978-80-86960-29-6.
- [6] *POUŽITÍ KOMPOZITNÍCH MATERIÁLŮ* [online]. Brno, 2012 [cit. 2014-05-06]. Dostupné z: [https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/9810/2012\\_BP\\_Bacovsky\\_Marek\\_125911.pdf?sequence=1](https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/9810/2012_BP_Bacovsky_Marek_125911.pdf?sequence=1). Bakalářská práce. VUT.
- [7] HORKÝ, Vladislav. *Studium mechanických charakteristik laminátové* [online]. Zlín, 2006 [cit. 2014-05-06]. Dostupné z: [http://dspace.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/818/horky\\_2006\\_dp.pdf?sequence=1](http://dspace.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/818/horky_2006_dp.pdf?sequence=1). Diplomová práce. UTB.
- [8] Obrázek < <http://www.mo-na-ko.net/php/portal/viewtopic.php?id=2538> >
- [9] *Konstruování strojů: strojní součásti*. Brno, 2006. Dostupné z: [old.uk.fme.vutbr.cz/kestazeni/5CK/prednasky/prednaska7.pdf](http://old.uk.fme.vutbr.cz/kestazeni/5CK/prednasky/prednaska7.pdf)
- [10] Obrázek < <http://www.gumex.cz/pryzove-profilu/> >
- [11] Obrázek < <http://www.bokatech.cz/produkty/kotvici-prvky/> >
- [12] Leinveber J., Vávra P.: *Strojnické tabulky (třetí doplňkové vydání)*. Albra, Úvaly, 2006, ISBN 80-7361-033-7.

- [13] HUDEC, Michal. *Návrh funkčního modelu dveří pro sportovní automobil* [online]. Ostrava, 2013 [cit. 2014-04-07]. Dostupné z: [https://dspace.vsb.cz/bitstream/handle/10084/99281/HUD0024\\_FMMI\\_B3923\\_3911R034\\_2013.pdf?sequence=1](https://dspace.vsb.cz/bitstream/handle/10084/99281/HUD0024_FMMI_B3923_3911R034_2013.pdf?sequence=1). Bakalářská práce. VŠB - TUO. Vedoucí práce Ing. Vladimír Zbožínek.

## PŘÍLOHY

Neveřejná verze diplomové práce neobsahuje v příloze žádnou výkresovou dokumentaci. Výkresová dokumentace je k dispozici k nahlédnutí u vedoucího diplomové práce Ing. Tomáše Kubína, Ph.D.

- Příloha A      Konstrukční úpravy na karoserii  
Příloha B      Návrh úchyty karoserie  
Příloha C      Formy pro výrobu karoserie  
Příloha D      Výkresová dokumentace

Výkres sestavení: SESTAVA AUTOMOBILU	SCX3-05-00-00
Výkres sestavení: DVEŘE PRAVÉ	SCX3-05-00-14
Výrobní výkres: ŽLAB PRO STĚRAČE	SCX3-05-00-03
Výrobní výkres: VNITŘNÍ LAMINÁT	SCX3-05-00-10
Výrobní výkres: ZADNÍ NÁRAZNÍK	SCX3-05-00-05

---

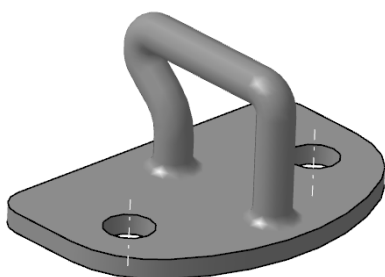
## PŘÍLOHA A

V příloze A jsou popsány úpravy na dílech karoserie, která nebyly zmíněny v hlavní části diplomové práce.

### Konstrukční úpravy na bočnici

#### *Uchycení zámku*

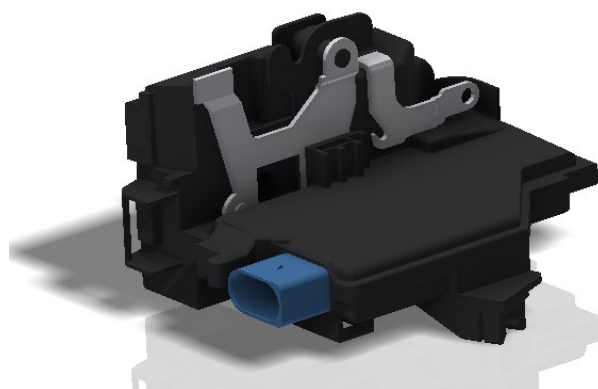
Protikus zámku ze Škoda Octavia (Obr. A1) je uchycen šrouby přímo do ocelového rámu. Tělo laminátu slouží pouze jako dosedací plocha.



Obr. A1 Část zámku dveří



Obr. A2 Tvarové řešení okolí zámku

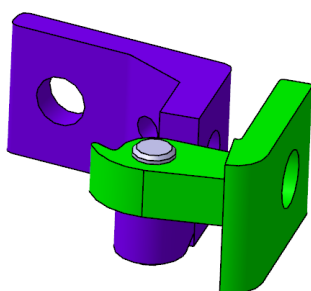


Obr. A3 Těleso zámku ze Škoda Octavia II

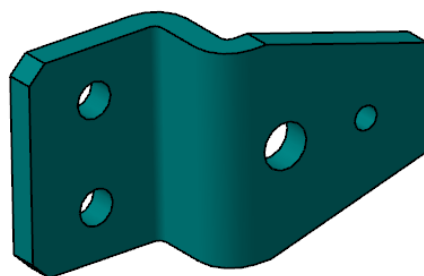
---

### *Uchycení pantů dveří*

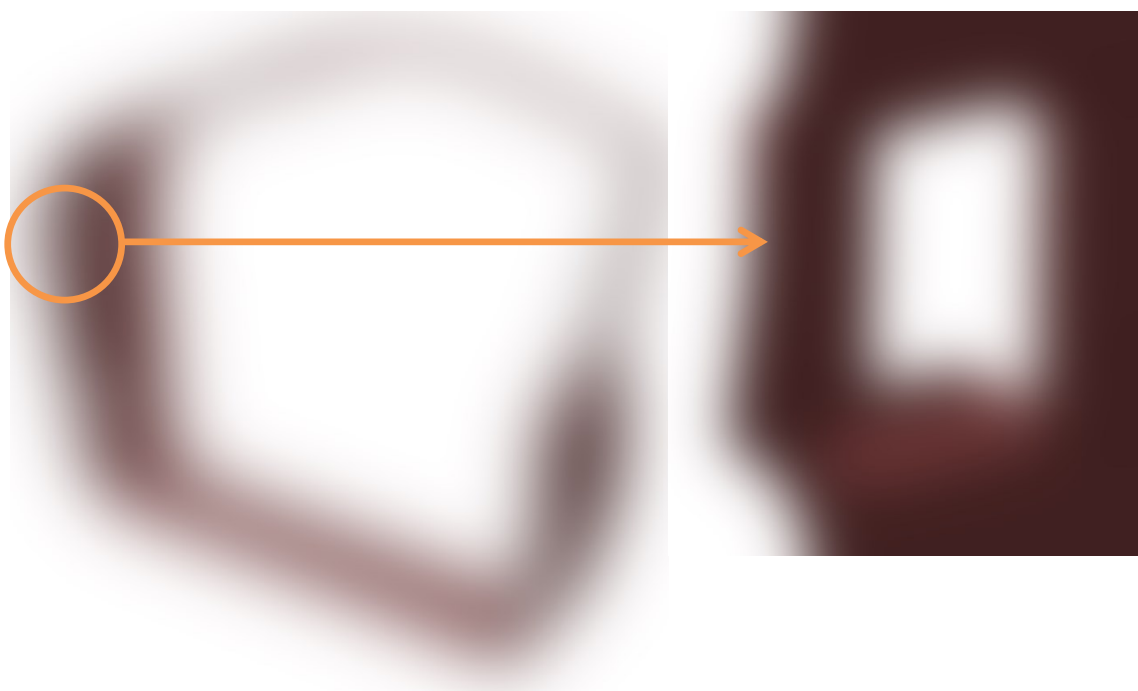
Pro uchycení dveří bylo využito pantů ze Škody Octavie (Obr. A4), které jsou uchyceny na ocelový rám automobilu (Obr. A5). Na laminátu tedy bylo nutné navrhnout výřezy, které se následně zatěsní.



*Obr. A4 Pant Škoda Octavia*



*Obr. A5 Úchyt pantů dveří*

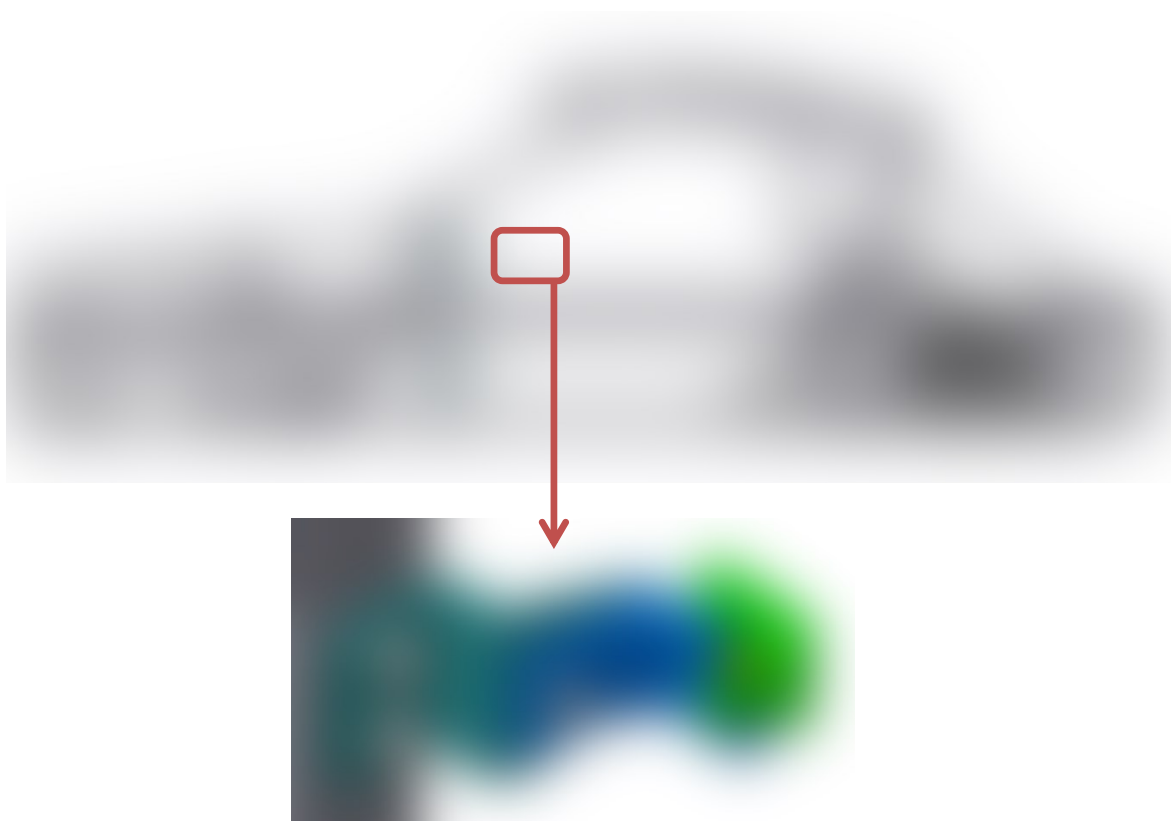


*Obr. A6 Kapsa pro panty dveří*

Kapsa pro panty je navržena s ohledem na následující montáž pantů k rámu. Z důvodu vysoké hmotnosti dveří bylo nutné uchytit panty na rám a nikoliv přímo na laminát. Z tohoto důvodu bylo nutné v kapse vyříznout otvor, kterým je veden úchyt

---

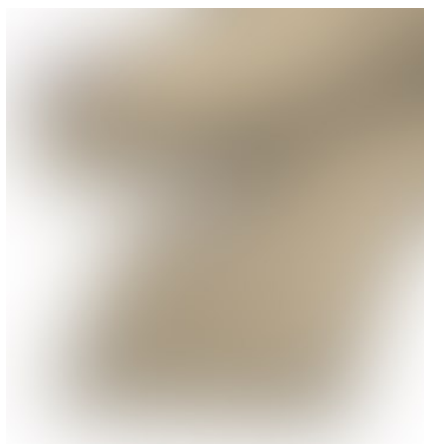
pantu. Rozměry kapsy musí zajišťovat dostatek místa pro montáž jednotlivých komponentů. Sestavený pant je znázorněn na Obr. A7.



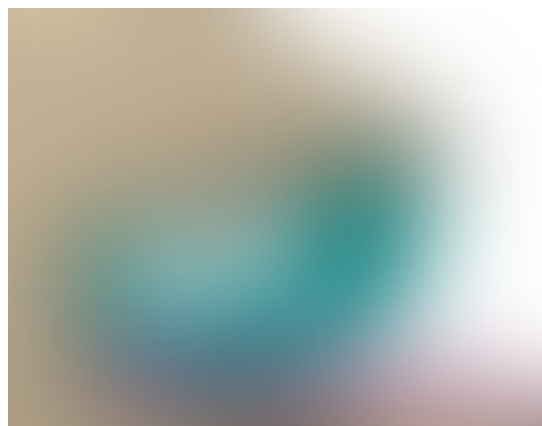
*Obr. A7 Sestavení pantu dveří*

### ***Plochy pro svítilny a světla***

V přední a zadní části byly vytvořeny plochy pro uchycení světlometů. Přední světlomety jsou naklápěcí, tak otvory pro jejich vložení se vytvoří při montáži.



*Obr. A8 Zaslepené přední svítilny*

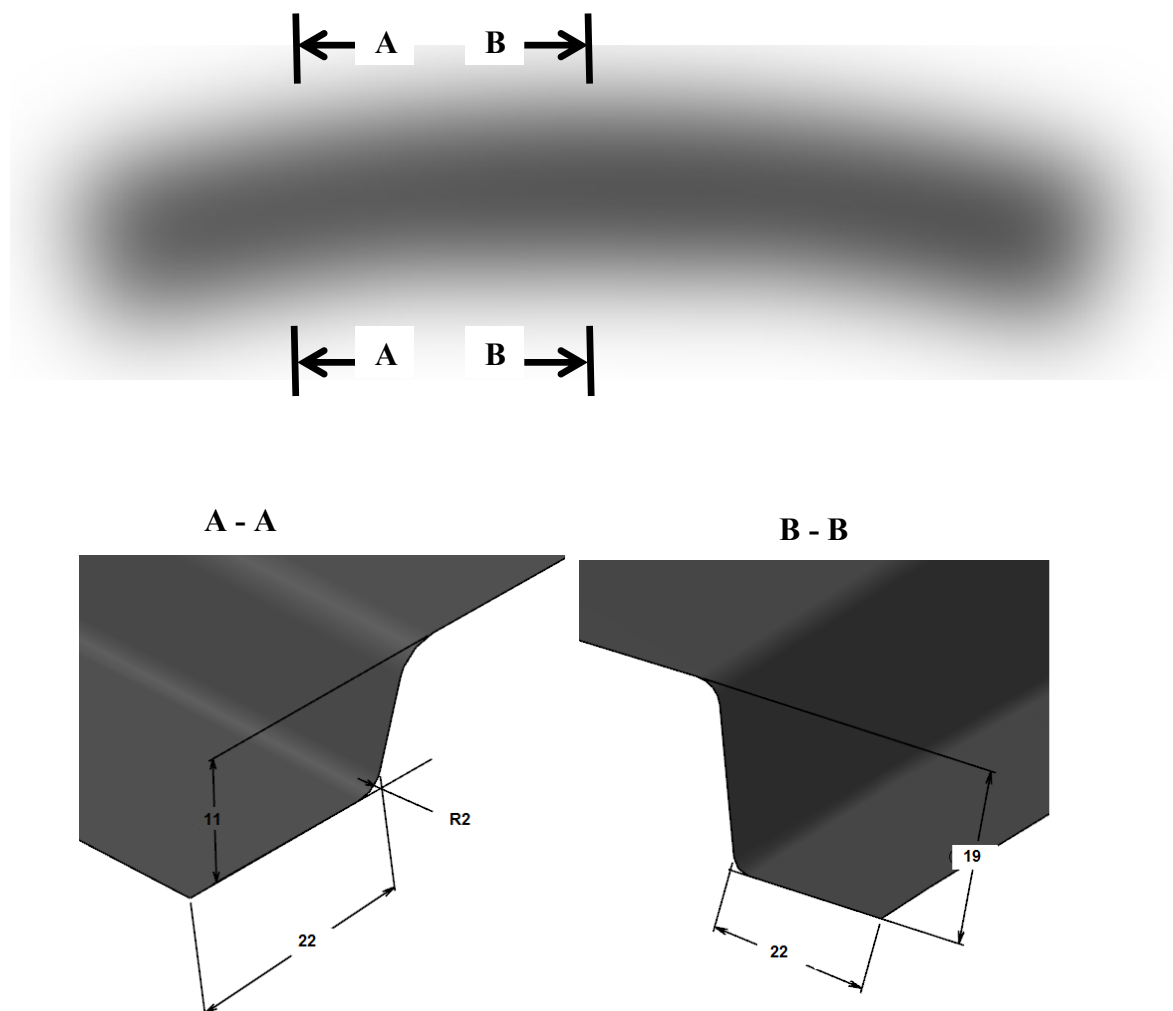


*Obr. A9 Zástavba zadních světel*

---

### Konstrukční úpravy na střeše

Tvarová složitost lišty na zadní části střechy je navržena podle tvaru na ni dosedající plochy zadního kufru. Ta je vybavena prolisem pro umístění zadního skla.

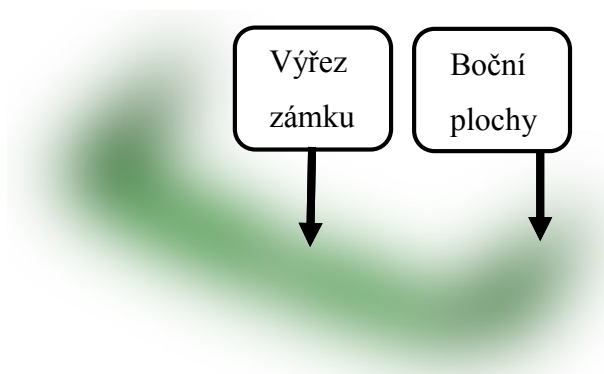


*Obr. A10 Parametry lišty pro utěsnění střechy a zadního kufru*

### Konstrukční úpravy na zadním kufru

Ve spodní části víka kufru bude umístěn zámek. V této oblasti bylo třeba navrhnout plochy pro ustavení zámku tím i vyztužení této oblasti. Na Obr. A11 jsou zobrazeny navržené plochy s výřezem pro zámek. Boční plochy zakrývají prostor zámku a současně zvyšují tuhost v okolí zámku. Spodní hrana bočních ploch také složí jako dosedací plocha pro těsnění.





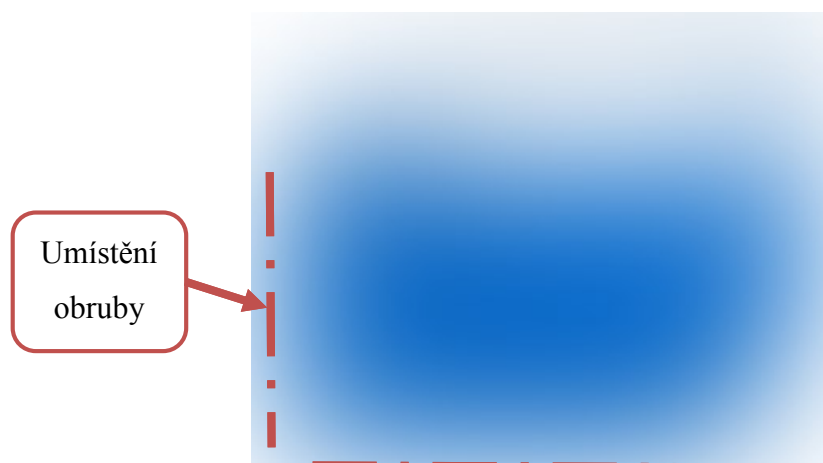
*Obr. A11 Spodní plocha víka kufu*



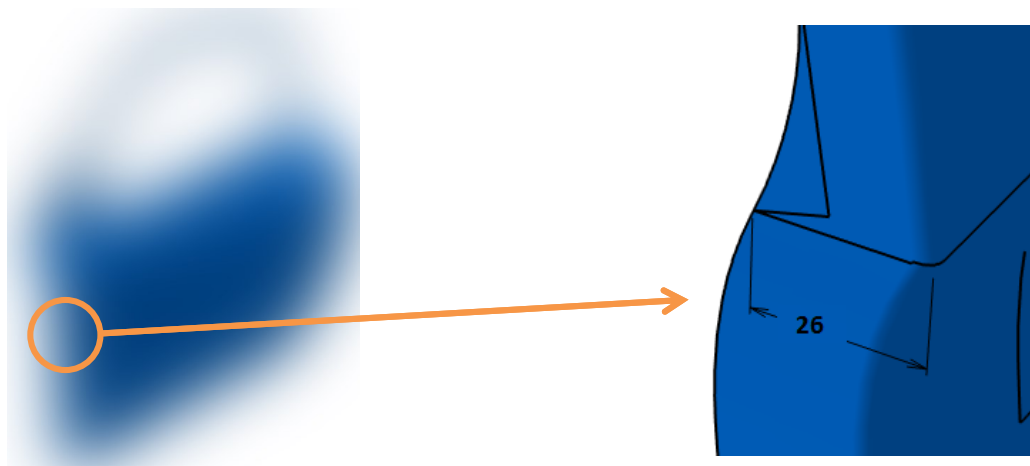
*Obr. A12 Vrchní plocha víka kufu*

### **Konstrukční úpravy na dveřích**

Návrh obruby na uvedených částech laminátu vychází z potřeby zdůraznit design karoserie a zakrýt spáru mezi bočnicí a dveřním prostorem. Šířka obruby byla navržena 26 mm.



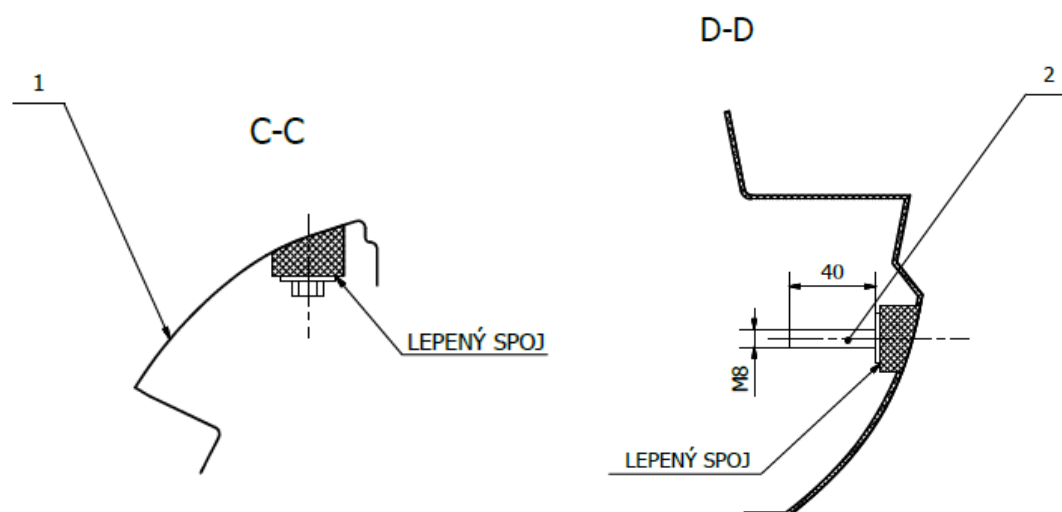
*Obr. A13 Umístění obruby na vnějším laminátu*



*Obr. A14 Obruba na vnějším laminátu*

---

## PŘÍLOHA B



*Obr. B1 Umístění ploch pro kotvící prvky*

---

## PŘÍLOHA C



*Obr. C1 Forma na výrobu žlabu*



*Obr. C2 Forma na výrobu střechy*



---

*Obr. C3 Forma na výrobu přední kapoty*



*Obr. C4 Forma na výrobu zadního kufru*



*Obr. C5 Forma na výrobu zadního nárazníku*



---

*Obr. C6 Forma na výrobu předního nárazníku*



*Obr. C7 Forma na výrobu vnějšího laminátu dveří*



*Obr. C7 Forma na výrobu vnitřního laminátu dveří*